23. AUGUST 1929

HEFT 34

FUNK BASTLER

FACHBLATT DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E.V.

Drahtlose Starkstromübertragung?

Von **Dr. Werner Loest.**

Das Problem der drahtlosen Übertragung elektrischer Energie hat bereits durch die grundlegenden Entdeckungen und Untersuchungen von Heinrich Hertz[1]) im Jahre 1888 seine prinzipielle Lösung gefunden, als es ihm zum ersten Male gelang, elektromagnetische Wellen ungerichtet und gerichtet über viele Meter zu senden und zu empfangen.

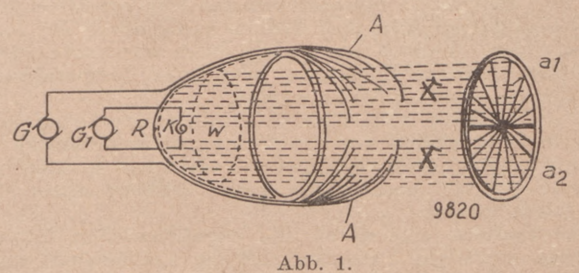


Abb. 1.

Zur Herstellung gerichteter Wellen, deren Länge bei seinen Versuchen etwa 63 cm betrug, benutzte er metallische Hohlspiegel, in deren Brennpunkten sich die Sende- und Empfangsanordnungen befanden. Zur Ablenkung der gerichteten Strahlen aus ihrer geraden Bahn benutzte er Prismen und Linsen aus geeigneten Isolatoren wie Pech, Paraffin und dgl.

Die übertragenen Energien waren bei diesen ersten Versuchen noch gering, was bei der absoluten Neuheit des Gebietes nicht weiter verwunderlich ist. Sie konnten jedoch im Laufe der Entwicklung zu beträchtlicher Höhe gesteigert werden, wovon die heute im Betrieb befindlichen Sender ein beredtes Zeugnis geben. Außerdem hat man im Laufe der Zeit die längsten und kürzesten herstellbaren elektromagnetischen Wellen zur Übertragung herangezogen, um festzustellen, mit welchen Wellenlängen besonders große Reichweiten bzw. große Energieübertragungen zu erzielen

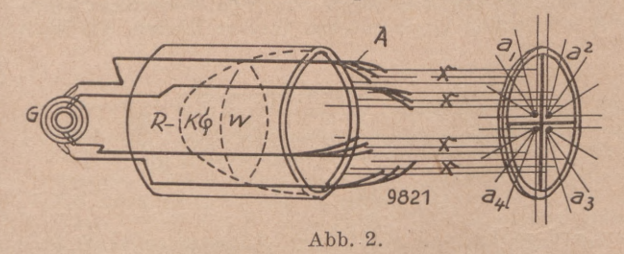


Abb. 2.

waren. Die drahtlose Kraftübertragung, wobei man richtiger statt von „Kraftübertragung" von „Energieübertragung" sprechen sollte, ist also seit langem Wirklichkeit.

Mit den durch die heutigen stärksten drahtlosen Sender übertragenen Energien befinden wir uns aber immer noch im Gebiet der Schwachstromtechnik, sofern von der eigentlichen Einrichtung der Sender abgesehen wird. Denn einerseits sind die am Empfangsort ankommenden Energien so gering, daß sie vielfach verstärkt werden müssen, ehe sie zur Auslösung mechanischer Vorgänge ausreichen, andererseits wird man auch bei wesentlicher Steigerung der heutigen Sendeenergien immer noch nicht von einer drahtlosen Energieübertragung im Sinne der Starkstromtechnik reden können, wie sie heute durch Kabel und Überlandleitungen möglich ist. Denn das hier auftretende Pro-

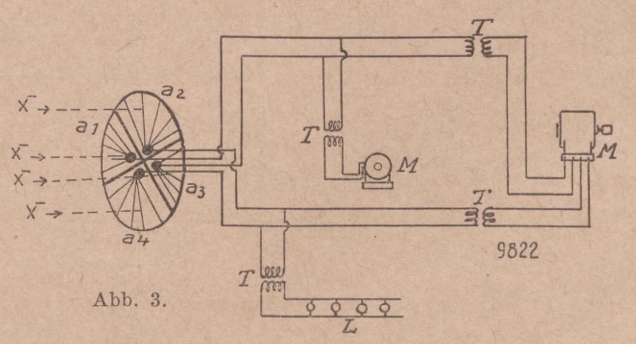


Abb. 3.

blem der möglichst verlustlosen Energieübertragung spielt beim drahtlosen Senden und Empfangen nur eine untergeordnete Rolle. Auf den energetischen Wirkungsgrad der Übertragung kommt es hier nicht an, während dieser Wirkungsgrad in der Starkstromtechnik das Ausschlaggebende ist.

Zahlreiche populäre Aufsätze gerade aus neuerer Zeit behandeln das Problem der drahtlosen Starkstromleitung, also den Verzicht auf metallische Starkstromleitungen[2]). Der Vorteil solcher drahtlosen Leiter ist einleuchtend, denn man könnte auf die kostspieligen heutigen Verteilungssysteme verzichten und die drahtlosen Leiter in beliebigen Höhen der Erdatmosphäre verlaufen lassen. Es kommt alles nur

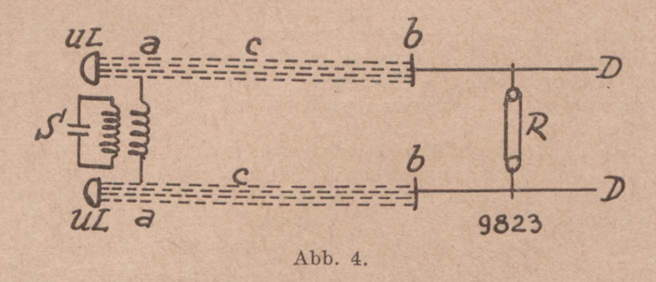


Abb. 4.

darauf an, ob derartige drahtlose Leiter für Starkstrom Aussicht auf praktische Verwirklichung haben.

In der Literatur wurden zunächst als Ersatz für die Starkstromdrahtleiter in geeigneter Weise erzeugte ionisierte Luftwege vorgeschlagen, auf denen die Starkstromenergie vom Generator zum Verbraucher fortgeleitet werden sollte. Nach diesem Vorschlag sind auch bereits ver-

[1]) H. Hertz: Über Strahlen elektrischer Kraft. Ges. Werke, Bd. 2, 1894, S. 184 ff.

[2]) Kraft durch Radio, „Wissen und Fortschritt", 1928, Heft 9, S. 276 bis 279. K. Feder: Wird die drahtlose Kraftübertragung Wirklichkeit? Die Umschau 1929, Heft 11, S. 206 bis 207. O. Kappelmeier und A. B. Henninger: Fernkräfte von heute und morgen. Die Woche, 4. Mai 1929.

schiedene Anordnungen bekannt, um eine solche drahtlose Starkstromübertragung zu bewerkstelligen[3]).

Entsprechend den Abb. 1 bis 3 sollen durch geeignete Röhren in Hohlspiegelform X-Strahlen, Ultra-X-Strahlen oder Z-Strahlen erzeugt werden, die als ionisierte Luftwege x,x bis zu den Auffangantennen a^1—a^4 reichen sollen. Unter X-Strahlen sind Röntgenstrahlen zu verstehen. Bei den Z-Strahlen soll es sich um magnetische Strahlen handeln, die jedoch als völlig hypothetisch anzusehen sind. In die ionisierten Luftwege x,x ragen auf der Senderseite Antennen A, die mit den Polen der Starkstromgeneratoren (Gleichstrom oder mehrphasiger Wechselstrom) verbunden sind. Dies kann je nachdem mit oder ohne Zwischenschaltung von Transformatoren erfolgen. Die Anzahl der ionisierten Luftwege richtet sich bei Wechselstrom nach dessen Phasigkeit und danach, ob man die Erde als Rückleiter benutzt oder nicht.

Die Empfangsantenne besteht aus zwei- oder mehrfach unterteilten und gegeneinander isolierten Teilen a^1—a^4, auf die die ionisierten Luftwege auftreffen. Von diesen Auffangplatten soll der übertragene Starkstrom durch metallische Leitungen, gegebenenfalls unter Zwischenschaltung

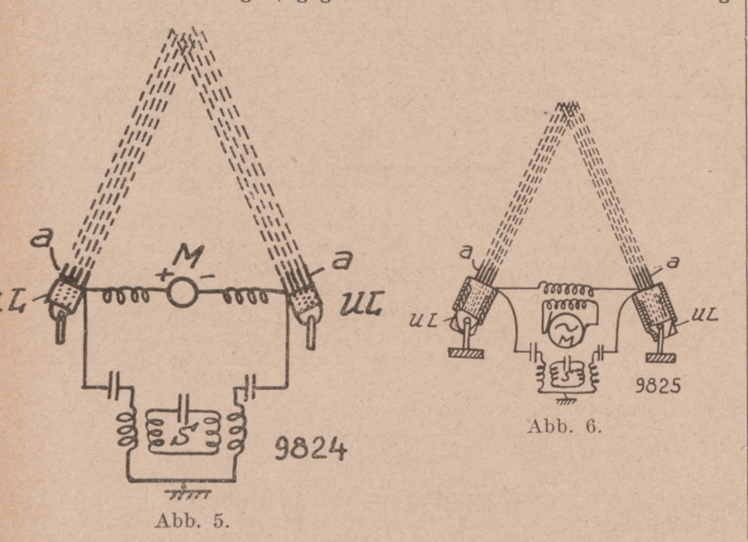


Abb. 5. Abb. 6.

von Transformatoren, zu den Nutzkreisen weitergeleitet werden (Motoren oder Lampen, vgl. Abb. 3).

Bei der Anordnung der Abb. 4 werden die Luftwege durch ultraviolette Lichtstrahlen (UL) ionisiert und in die ionisierten Luftwege c ragen geeignet durchlöcherte Antennen a, denen zunächst nicht niederfrequente Starkstromenergie, sondern Hochfrequenzenergie h zugeführt wird. Die übertragene Energie wird wiederum durch Auffangplatten d aus den ionisierten Luftwegen abgenommen, und man sieht ohne weiteres, daß die ionisierten Luftwege hier genau so wirken wie die bekannten Lecherschen Drähte. Findet die Übertragung der Hochfrequenzenergie längs der ionisierten Luftwege tatsächlich statt, so müßte man entsprechend dieser Analogie eine Geißlerröhre R, die auf den Verlängerungsdrähten D verschoben wird, an bestimmten Stellen zum Aufleuchten bringen können.

Bei den Abb. 5 und 6 wird den ionisierten Luftwegen außer der Hochfrequenz auch noch Gleich- oder niederfrequenter Wechselstrom überlagert, der einen geschlossenen ionisierten Leitungsweg vorfindet, wenn sich die Luftwege kreuzen, wie es in den Abbildungen gezeigt ist. Schneiden sich die ionisierten Luftwege nicht, so kann man auch hier entsprechend den Anordnungen der Abb. 3 und 4 die Starkstromenergie abnehmen und weiterleiten.

Endlich ist neuerdings sogar vorgeschlagen worden, zur Ionisierung der Luftwege die kurzen Hertzschen Wellen selbst zu verwenden, und eine Anordnung, welche diesem letzten Vorschlag entspricht, ist in der Abb. 7 dargestellt.

Wie man sieht, sind Vorschläge zur drahtlosen Starkstromübertragung in ausreichender Anzahl vorhanden, und doch scheint die Sache nicht recht gehen zu wollen, denn über nachprüfbare praktische Versuche ist bisher nichts bekanntgeworden. Bei allen gemachten Vorschlägen scheinen also doch noch reichlich Schwierigkeiten vorzuliegen, die im folgenden kurz beleuchtet werden sollen.

Die Ionisierung von Gasen, angefangen bei Atmosphärendruck bis hinab zu den niedrigsten Drucken, d. h. die Erhöhung ihrer elektrischen Leitfähigkeit, ist tatsächlich Gegenstand vieler experimenteller Untersuchungen gewesen, und sie kann, wie diese Untersuchungen ergeben haben, durch eine recht stattliche Anzahl von physikalischen Erscheinungen erzielt werden.

Von den bekannten Wellenstrahlungen sind gute Ionisatoren die Gammastrahlen (des Radiums usw.), die Rönt-

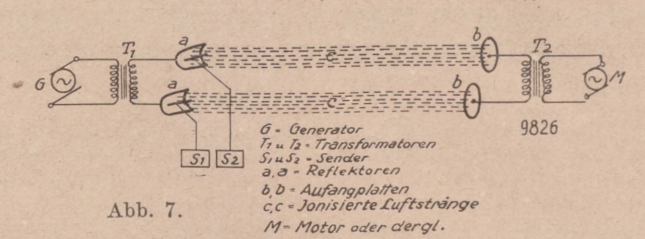


Abb. 7.

genstrahlen und die Lichtstrahlen bis zu einer bestimmten Grenze ihres Spektrums. Auch Korpuskularstrahlen, die nach den neuesten Ergebnissen der Quantentheorie mit den Wellenstrahlen eng verknüpft sind, können zur Ionisation von Gasen dienen. In Betracht kommen hier vor allem die Alpha- und Betastrahlen (bei Radium usw.) sowie die Kathodenstrahlen. Endlich kann auch durch chemische Prozesse, hohe Potentialdifferenzen oder hohe Temperaturen Ionisation von Gasen bewirkt werden.

Von allen diesen Möglichkeiten benutzen die oben geschilderten Vorschläge zur drahtlosen Starkstromübertragung nur verschiedene Wellenstrahlungen zur Ionisierung der Luftwege, und deshalb soll deren Wirkung allein ins Auge gefaßt werden.

Es ist zunächst eine durch alle experimentellen Untersuchungen bestätigte Tatsache, daß die Leitfähigkeit von Gasstrecken durch die obengenannten ionisierenden Wellenstrahlungen niemals so groß gemacht werden kann, wie es die Leitfähigkeit eines entsprechend dimensionierten Metalleiters ist. Das heißt aber, der elektrische Widerstand solcher ionisierter Gasstrecken ist stets um ein Vielfaches größer als der von entsprechenden metallischen Leitern.

Bei den vorgeschlagenen Anordnungen zur drahtlosen Starkstromübertragung ersetzt man also tatsächlich die sehr guten metallischen Leiter durch viel schlechtere Leiter, beispielsweise durch Glimmentladungsröhren beträchtlicher Länge, wie dies in Abb. 8 dargestellt ist. Dort sind die ionisierten Luftwege zur Veranschaulichung dieser Verhältnisse von Glasröhren umschlossen, die beispielsweise an ihrem einen Ende durch Quarzplatten verschlossen sind, durch welche die ionisierenden ultravioletten Strahlen der Lichtquellen (UL) hindurchtreten können. Im übrigen ist die Anordnung der Abb. 8 im wesentlichen identisch mit den Anordnungen der Abb. 4 und 7.

Da es bekannt ist, daß durch derartige Röhrenanordnungen mit ionisiertem Gasinhalt nur Ströme fließen, die nach

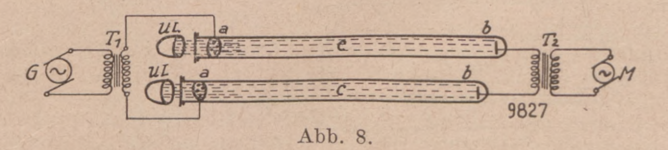


Abb. 8.

Milliampere zählen und nicht nach Ampere, so erscheinen sie zur Starkstromübertragung recht ungeeignet, um so mehr, wenn man bedenkt, daß der Spannungsabfall längs dieser Röhren viel größer ist als längs metallischer Leitungen, so daß auch durch Erhöhung der Spannung der Generatoren auf der Senderseite nicht viel gewonnen wird. Bei den Abb. 1 bis 7 liegen aber die Verhältnisse noch viel ungünstiger als bei der Abb. 8, da nach Fortfall der Röhrenwände die Ionen der ionisierten Gaswege direkt in das umgebende Gas diffundieren können, also für die Elektrizitätsleitung wieder verlorengehen. Hierdurch tritt also eine weitere Herabsetzung der sowieso schon schlechten Leitfähigkeit der ionisierten Gaswege ein.

[3]) Amerikan. Patentschr. 1 309 031 8. Juli 1919. Amerikan. Patentschr. 1 504 974 (12. August 1924).

Ganz schlecht werden aber die Verhältnisse, wenn das Gas, z. B. Luft, durch das die ionisierten Wege verlaufen sollen, in Bewegung ist, wie es ja tatsächlich in der Erdatmosphäre der Fall ist. Durch starke Winde werden nämlich die in den geraden Bahnen der ionisierenden Strahlen erzeugten Ionen vollkommen aus diesen Bahnen herausgeweht, so daß in diesem Falle eine Elektrizitätsleitung längs der ionisierten Luftwege unmöglich sein dürfte.

Was endlich die Brauchbarkeit der verschiedenen Wellenstrahlungen zur Gasionisation angeht, und insbesondere die Ausbeute an Ionen, die durch die verschiedenen Wellenlängen erreicht wird, so hat sich ergeben[4]), daß die Ionisationsfähigkeit bei Wellenlängen aufhört, die im Infraroten des Lichtspektrums liegen, und daß einigermaßen ergiebige Ionisationsfähigkeit bei ultravioletten Wellenlängen aufhört. Die Länge dieser Wellen beträgt einige Hunderttausendstel eines Millimeters, und alle Wellen, welche beträchtlich größer sind, also z. B. auch die kürzesten Radiowellen, die heute normalerweise in der Größenordnung von einigen Zentimetern liegen, kommen für eine Ionisierung von Gasen überhaupt nicht mehr in Betracht. Selbst Radiowellen von 0,1 cm Länge, die man für spezielle Versuchszwecke ebenfalls bereits hergestellt hat, sowie noch kürzere Radiowellen besitzen keine Ionisationsfähigkeit, da sie immer noch größer sind als die längsten ultraroten Lichtstrahlen und Wärmestrahlen, die ebenfalls keine Ionisationsfähigkeit besitzen. Der Vorschlag entsprechend der Abb. 7 ist also gänzlich abwegig.

Sollten aber die gemachten Vorschläge zur drahtlosen Starkstromübertragung überhaupt auch nur einigen praktischen Wert haben, so muß die Reichweite der ionisierenden Strahlen sehr groß sein, um brauchbare Entfernungen mit den ionisierten Luftwegen überbrücken zu können. Der Erzielung großer Reichweiten widerspricht aber die physikalische Tatsache, daß diejenigen Wellenstrahlungen, die gut zu ionisieren vermögen, kräftig absorbiert werden und somit keine großen Reichweiten besitzen. Dies physikalische Gesetz ist durchaus einleuchtend, denn wenn die Wellenstrahlungen ionisieren sollen, müssen sie ihre Energie an die Gasmoleküle zur Abspaltung von Ionen abgeben und werden dabei verschluckt. Ionisieren sie nicht, so laufen diese Wellenstrahlungen weiter, aber dann sind sie für den beabsichtigten Zweck unbrauchbar.

Wie aus den vorstehenden Überlegungen hervorgeht, ist es also um ionisierte Luftwege großer Reichweite und damit um eine praktisch brauchbare drahtlose Übertragung von Starkströmen längs solcher Luftwege physikalisch schlecht bestellt. Die Wirkungen der vorgeschlagenen Anordnungen gehören somit vorläufig noch in das Gebiet der Wunschträume.

Ein Schirmgitter-Vorsatzgerät

Eine billige und einfache Anordnung.

Über Schirmgitterröhren und ihre Schaltungen ist schon viel geschrieben worden. Viele Bastler scheuen aber die Ausgabe für einen Neubau ihres Empfängers, um so mehr als sie den Schirmgitterröhren etwas skeptisch gegenüberstehen. Im folgenden ist nun ein Gerät beschrieben, das ohne allzu großen Kosten- und Müheaufwand jeder leicht herstellen kann; ein großer Teil der benötigten Teile wird sich auch sicher noch im „Laboratorium" des Bastlers vorfinden. Das Gerät ermöglicht die Umwandlung des normalen Dreiröhrenempfängers (Audion mit zwei Stufen Niederfrequenzverstärkung) in einen leistungsfähigen Vierröhrenempfänger durch einfaches Vorschalten, ohne Umbau des alten Gerätes. Die Lautstärke und der Fernempfang werden dank der großen Verstärkungsziffer der Schirmgitterröhre stark gesteigert. Es ist mit diesem Gerät sogar möglich, einen lautstarken Empfang von einigen größeren Stationen am Rahmen zu erzielen. Auch als Vorsatzgerät vor dem Kurzwellenempfänger leistet es gute Dienste.

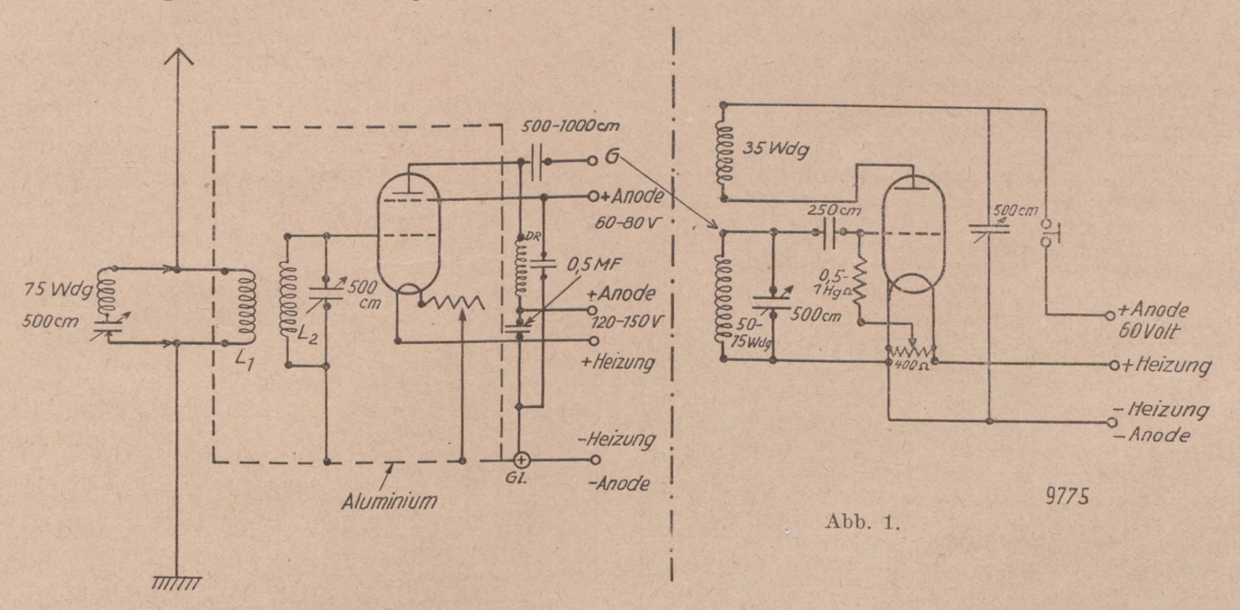


Abb. 1.

Die Schaltung der Hochfrequenzstufe, der Schirmgitterstufe, zeigt Abb. 1. Die Stufe ist, um unerwünschten Kopplungserscheinungen vorzubeugen, vollständig abgeschirmt. Im allgemeinen genügt eine Abschirmung des Bodens der Frontplatte und der nach dem Audion gerichteten Seite. Es ist jedoch, hauptsächlich auch beim Rahmenempfang, anzuraten, das Gerät ganz zu kapseln. Zur Vermeidung unerwünschter Kopplungen liegen an den beiden Spannungsanschlüssen der Anodenbatterie Blockkondensatoren zu je 0,5 μF. Parallel zur Antennenspule sieht man noch einen Kurzschlußkreis, der in der Nähe eines größeren Senders Störungen verhindert. Man kann ihn direkt einbauen. Es ist aber vielleicht ratsam, da man ihn auch an anderen Geräten benutzen kann, ihn getrennt zu bauen.

Die Maße für den Zusammenbau der Abschirmung hierzu gehen aus Abb. 2 hervor. Die Front- und Grundplatte werden mit den gleich großen Aluminiumblechen verschraubt. Das andere Blech (160 × 210 mm) wird an je einer Längs- und Schmalkante 10 mm rechtwinklig umgebogen und nach Abb. 2 30 mm vom rechten Rand des Apparates befestigt. Der Einbau der Teile geht genügend deutlich aus den Abb. 3 und 4 hervor. Wie man sieht, ist der Heizwiderstand auf der Frontplatte angeordnet, was unbe-

[4]) Marx: Handbuch der Radiologie 1916, Bd. 3, § 29, S. 380 bis 388.

dingt zu empfehlen ist, da man mit ihm den Schwingeinsatz in weiten Grenzen und sehr fein regulieren kann. Rechts von dem Schirm sind die beiden Blocks, die Drossel (Kopfhörerspule), die Kabeleinführung und die Taschenlampenfassung (als Röhrensicherung) angeordnet. Alle übrigen Teile sind links untergebracht. Antenne und Erde

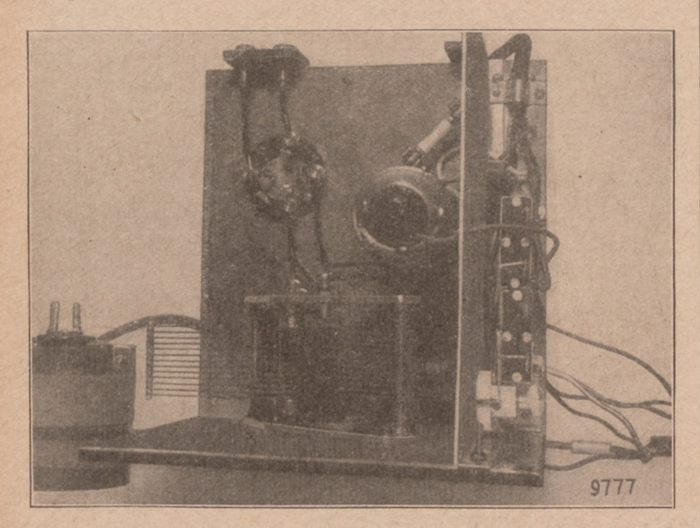


Abb. 3.

sind an zwei Buchsen an der Rückseite des Gerätes geführt, ebenso ist an der Rückseite die Klemme G angebracht. Der leere Röhrensockel dient zur Aufnahme der Spule. Sie ist selbst angefertigt und auf den beiden Photos links sichtbar. Für Wellen von etwa 200 bis 600 m wird der in der Stückliste angeführte Pertinaxzylinder mit 70 Windungen doppelt seideumsponnenem Kupferdraht, 0,1 bis 0,2 mm Durchmesser, bewickelt (L_2). Die Antennenspule (L_1) ist auf die jeweils benutzte Antenne abzugleichen. Man wird hier immer einen Kompromiß zwischen Lautstärke und Selektivität in der Nähe eines größeren Senders schließen müssen. Bei einer 50 m langen Antenne hat sie etwa 30 bis 35 Windungen. Für den Zylinder wird ein Boden geschnitten; auf ihm befestigt man in der Mitte den unteren abgeschnittenen Teil eines Röhrensockels. Durch vier Löcher im Boden werden die Spulendrähte hindurchgeführt und mit den Steckerstiften gut verlötet. Die Befestigung des Bodens erfolgt

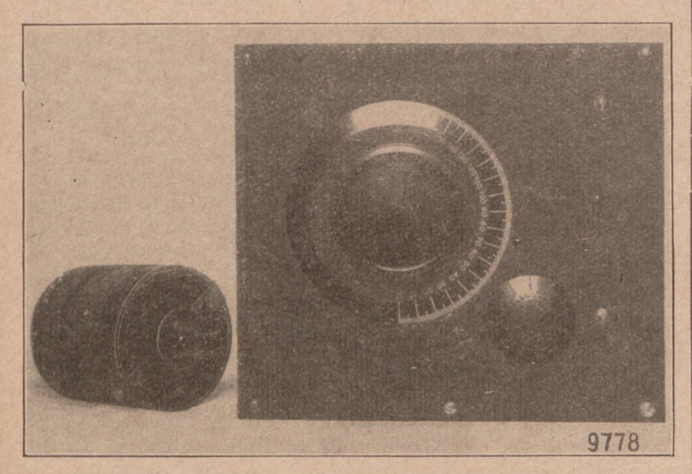


Abb. 4.

durch zwei Winkel oder bei genügender Dicke durch vier seitlich hineingeschraubte Schrauben. Die Leitungsführung zum Röhrensockel wird wie in Abb. 3, die Steckerstift-Zuordnung wie in Abb. 5 angegeben, ausgeführt.

Als Drossel genügt eine Kopfhörerspule. Will man eine bessere Drossel selbst herstellen, so halte man sich an die Maße der Abb. 6. In jede Nute kommen etwa 350 Windungen zweimal seideumsponnenen Drahtes, 0,1 mm Durchmesser.

Die Klemme G ist möglichst so anzubringen, daß man auf dem kürzesten Wege zur Gitterspule des Audions kommt (siehe Schaltung Abb. 1).

Die Anschaltung des Gerätes an das Audion erfolgt nach dem Schaltbild Abb. 1. Es ist, wie man sieht, lediglich G mit dem einen Ende der Gitterspule des Audions zu verbinden. Als Batterien für das Vorsatzgerät dienen natürlich die des Empfängers. Die günstigsten Werte sind in der Schaltung eingetragen, ändern sich jedoch mit der Röhre.

Für die Bedienung mögen folgende Angaben dienen. Den Heizwiderstand der Schirmgitterstufe nicht ganz aufdrehen, Drehkondensator auf einen Mittelwert stellen, mit dem Kondensator des Audions irgendeine Station suchen bei fester Rückkopplung; diese dann loser machen, Schirmgitterstufe auf größte Lautstärke nachregulieren, wobei auch das Audion nachzustimmen ist. Dann erfolgt noch die Feinregulierung und Regulierung der Lautstärke durch den Heizwiderstand und das Potentiometer im Audion.

Das sieht vielleicht ein bißchen verwickelt aus, ist es aber gar nicht. Auch ist eine einmal gefundene Station sofort wieder auffindbar nach den Kondensatorengraden. Sollte der Ortssender durchschlagen, so schalte man den Kurzschlußkreis ein.

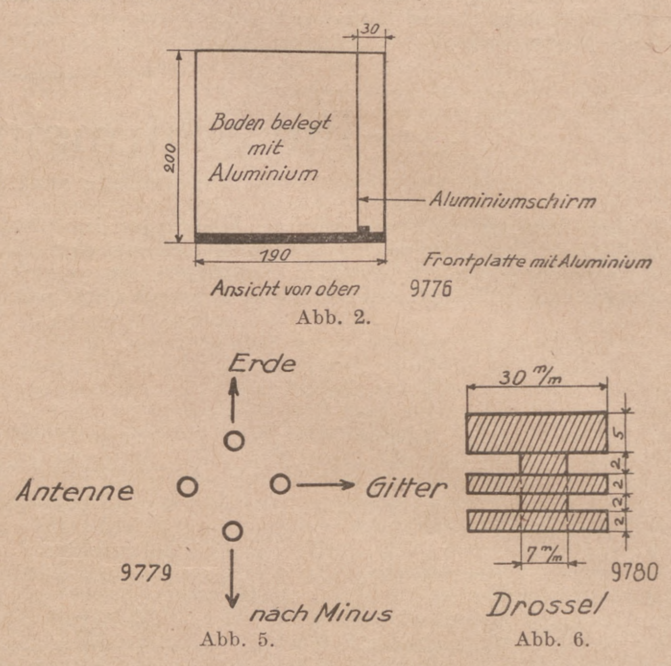


Abb. 2.

Abb. 5. Abb. 6.

Bei Rahmenempfang zieht man die Spule in der Schirmgitterstufe ganz heraus und schließt den Rahmen direkt an Gitter und Kathode an.

Liste der Einzelteile.

1 Trolitfrontplatte, 190 × 160 mm,
1 Holzgrundbrettchen, 190 × 200 × 10 mm,
1 Aluminiumblech, 190 × 200 mm,
1 Aluminiumblech, 190 × 160 mm,
1 Aluminiumblech, 160 × 210 mm.

Statt dieser Aluminiumteile kann man auch einen kompletten Kasten benutzen, wie er im Handel erhältlich ist.

1 Drehkondensator, 500 cm, evtl. mit Feineinstellung,
1 Blockkondensator, 500 bis 1000 cm (probieren!),
1 Halter hierzu,
2 Blockkondensatoren zu 0,5 μF,
2 Röhrensockel,
1 m vieradrige Anschlußschnur,
1 Heizwiderstand, etwa 20 Ω,
1 Stück Pertinaxrohr, 65 mm Durchmesser, Höhe 70 mm,
1 Drosselspule (Kopfhörerspule oder eventuell auch selbst wickeln s. u.),
1 Schirmgitterhochfrequenzröhre,
1 Taschenlampenbirnchen mit Fassung.

Ferner ein paar Schrauben, Buchsen, etwas Schaltdraht, Isolierschlauch und zwei kleine Stückchen Trolit. Das Ganze stellt sich mit Röhre dann auf etwa 35,— bis 40,— M.

Die Technik des Tonfilms

III. Die Wiedergabeapparaturen.

Lichtelektrische Zellen. — Lautsprecher. — Projektoren.

Von

Eduard Rhein.

Ein Lichttonfilm[1]) stellt das Abbild der in Helligkeitsschwankungen umgesetzten Schallwellen dar; sollen diese Helligkeitsschwankungen in Schall zurückverwandelt werden, so bedarf es dazu einer Einrichtung, die imstande ist, die Lichtschwankungen wieder in Wechselstrom umzusetzen, der auf bekannte Weise verstärkt und hörbar gemacht werden kann.

Lichtelektrische Zellen.

Eines der bekanntesten Mittel zur Beeinflussung eines elektrischen Stromkreises durch Licht ist das 1817 von Berzelius entdeckte Element Selen. Schon 1873 hatte der Engländer May zufällig gefunden, daß sich der sehr hohe elektrische Widerstand des Selens mit zunehmender Belichtung verringert. Diese Eigenschaft des Selens benutzte Ruhmer bei seiner aus Abb. 36 ersichtlichen Wiedergabeapparatur. Das Licht einer mit konstanter Helligkeit brennenden Bogenlampe wurde durch eine Sammellinse auf den Schlitz der Kamera konzentriert, hinter der sich der Film mit der gleichen Geschwindigkeit wie bei der Aufnahme vorbeibewegte. Auf der Rückseite des Filmbandes befand sich die lichtempfindliche Selenzelle, die

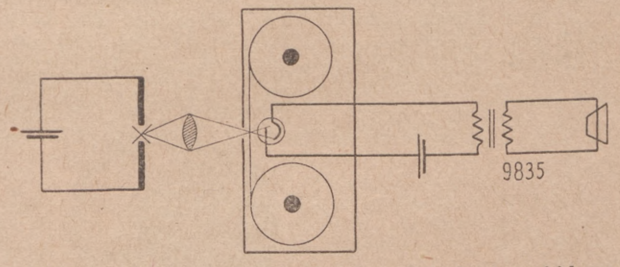


Abb. 36. Die Wiedergabe des Lichttonfilms. Das Licht einer konstant brennenden Bogenlampe wird auf den schmalen Schlitz der Kamera geworfen, hinter der sich der Film mit der gleichen Geschwindigkeit wie bei der Aufnahme vorbeibewegt. Das den Film durchdringende Licht wechselnder Helligkeit ändert den Widerstand der lichtempfindlichen Zelle im Rhythmus der Sprachschwingungen.

mit einem Transformator und einer Stromquelle von 50 Volt in Serie geschaltet war. Beim Durchlaufen des Filmbandes änderte sich der Widerstand der Selenzelle im Rhythmus der durch den Film verursachten Lichtschwankungen. Der dabei entstehende Wechselstrom stimmte mit den auf den Film gebrachten Schallschwingungen überein und konnte an dem auf der Sekundärseite des Transformators angeschlossenen Kopfhörer wieder abgehört werden.

Die von Ruhmer verwendete Selenzelle hatte jedoch so erhebliche Nachteile, daß sich mit ihr keine wirklich verzerrungsfreie Wiedergabe durchführen ließ. Auch fehlte es damals noch an geeigneten Verstärkern und Lautsprechern, so daß es begreiflich erscheint, wenn die Arbeiten erst nach längerer Zeit wieder aufgenommen worden sind.

Der außerordentlich hohe Widerstand des Selens bedingt es, daß man bei der Herstellung der Zelle bestrebt sein muß, die Länge dieses Widerstandes möglichst klein und den Querschnitt, sowie die dem Licht ausgesetzte Oberfläche, möglichst groß zu machen. Es wurde deshalb von den verschiedensten Forschern eine Reihe von Ausführungsformen vorgeschlagen, durch die diese Bedingungen erfüllt und gleichzeitig die Trägheit der Zelle wesentlich verringert werden sollte. Vor allem hat sich der bekannte Physiker Denes v. Mihály um die Verbesserung der Selenzellen bemüht und dann auch recht bemerkenswerte Erfolge damit erzielen können. Ob diese Zellen aber mit den neueren, auch beim Fernseher verwendeten, praktisch frequenzunabhängigen Photozellen in ernsthaften Wettbewerb treten können, darf doch in Frage gestellt werden.

[1]) Vgl. „Funk-Bastler" 1929, Heft 30, Seite 465; Heft 31, Seite 485; Heft 33, Seite 515.

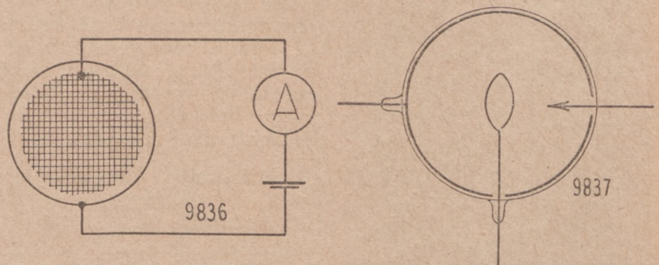


Abb. 37. Photozelle von Stoletow. Abb. 38. Photozelle von Elster und Geitel.

Die Photozelle wurde erstmalig von Stoletow angegeben. Er verwendete eine Metallscheibe, vor der sich in einem Abstand von etwa 2 mm ein feines Gitter befand, das nach Abb. 37 mit dem positiven Pol einer Anodenbatterie von etwa 150 Volt verbunden war. Wurde dieses Netz mit der dahinter befindlichen Metallscheibe hellem Licht ausgesetzt, so floß von der Anode zur Kathode ein kleiner Strom, der durch ein empfindliches Galvanometer nachgewiesen werden konnte. Wurde das Netz aus Zink und die Scheibe etwa aus versilbertem Kupfer hergestellt, so ließ sich selbst dann ein Strom nachweisen, wenn die Anodenbatterie nicht eingeschaltet war. Eine gewisse Unstabilität dieser Vorrichtung, die in der wechselnden Zusammensetzung der Luft ihren Grund hatte, führte schließlich dazu, daß man die beiden Elektroden in ein luftleergepumptes Glasgefäß einschmolz.

Elster und Geitel haben sich mit der Durchbildung praktisch brauchbarer Photozellen eingehend beschäftigt. Bei der von ihnen entwickelten Zelle bestand die eine Elektrode aus einem Aluminium- oder Platindraht, der sich innerhalb eines kugelförmigen Glasgefäßes befand, während

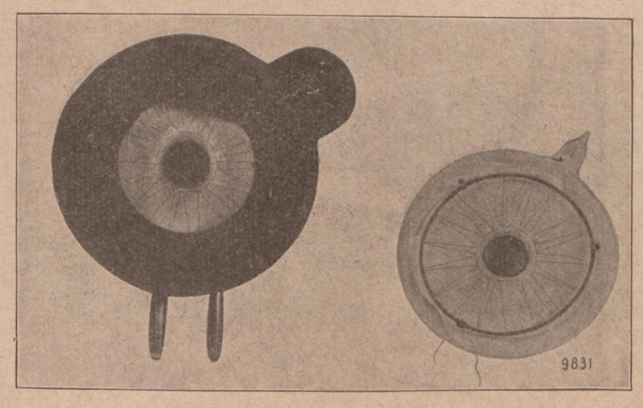


Abb. 39. Photozelle nach Dr. Schriever.

die Innenwand dieses teilweise mit einer Kaliummetallschicht überzogenen Gefäßes die zweite Elektrode darstellte. Zur Erhöhung der Wirkung wurde bei einigen Zellen die ganze Innenfläche bis auf eine kleine Einlaßöffnung mit Kaliummetall bedeckt. Dadurch wurde erreicht, daß die in die Zelle gelangenden Lichtstrahlen vollkommen zur Elektronenemission nutzbar gemacht werden konnten. Die Zelle wurde nach dem Evakuieren mit einem

Edelgas gefüllt. Dadurch konnte die Empfindlichkeit noch etwa verhundertfacht werden (Abb. 38).

Am bekanntesten ist wohl die Photozelle nach Dr. Schriever, die in den Bildfunkapparaten von Professor Karolus Verwendung findet. Sie besteht aus einer ringförmigen, mit Neongas gefüllten Glashülle, deren innere Fläche zur Hälfte mit hydriertem Kalium belegt ist. Die Größe dieser Kaliumfläche beträgt 8,2 qcm. Vor der Kaliumschicht ist die aus Nickeldraht bestehende, zickzackförmig geführte Anode befestigt. Die Öffnung in der Mitte der Zelle gestattet auch die Verwendung der Zelle bei reflektiertem Licht (Abb. 39).

Abb. 40. Riffellautsprecher.

Die Zelle wird meist mit einer Spannung von etwa 140 Volt betrieben. Diese Spannung liegt 20 bis 30 Volt unterhalb derjenigen Spannung, bei der die Glimmlichtentladung einsetzt.

Schlitzbreite, Verstärkung, Kopie.

Es bedarf wohl keiner weiteren Erwähnung, daß bei der Wiedergabe des Tonfilms mit der gleichen Schlitzbreite wie bei der Aufnahme gearbeitet werden muß. Was dort über die dabei auftretenden Schwierigkeiten und über die angewendeten Mittel gesagt worden ist, gilt in vollem Umfange auch für die Wiedergabe. Durch die erwähnte Mikroskop-Projektion wird demnach auf dem Film wieder das verkleinerte Abbild eines helleuchtenden Schlitzes entworfen. Die in Abb. 36 dargestellte Anordnung ist bei den modernen Apparaturen entsprechend ergänzt oder geändert.

Da die von der Photozelle gelieferten Impulse außerordentlich klein sind, werden sie in mehreren Stufen verstärkt. Auch bei diesen Verstärkern kommt heute fast ausschließlich die Widerstandskopplung zur Anwendung.

Wir sind von der Photographie her daran gewöhnt, zunächst ein Negativ zu erhalten, das dann erst zur Herstellung des „richtigen“ Positivs verwendet wird. Beim Lichttonfilm aber kann, da die aufgedrückten Schallwellen

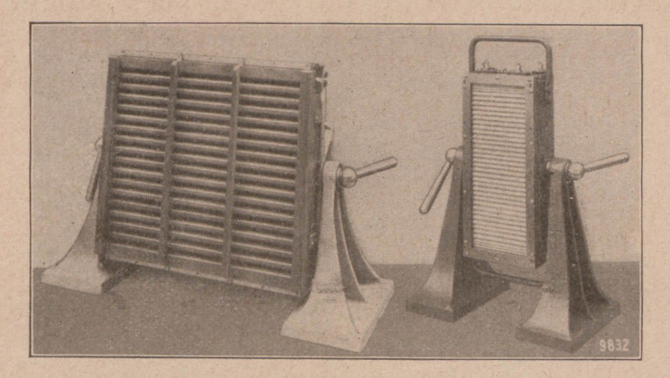


Abb. 41. Der Riesenblatthaller und der schmale Blatthaller.

Wechselströme sind und sich positive und negative Halbwelle gleichen, das Negativ ebensogut verwendet werden wie das Positiv. Durch das Kopieren des Films entstehen also keine grundsätzlichen Schwierigkeiten.

Die Lautsprecher.

Da es sich beim Tonfilm immer darum handelt, einen großen Raum mit Musik zu füllen, müssen Lautsprecher verwendet werden, die imstande sind, die erforderlichen Lautstärken verzerrungsfrei abzustrahlen. Diese Forderung wird von den elektrodynamischen und den elektrostatischen Lautsprechern weitgehend erfüllt. Auf die Wirkungsweise der elektrodynamischen Lautsprecher braucht an dieser Stelle nicht weiter eingegangen zu werden. Wenn große Leistungen abgestrahlt werden sollen, werden hinter der Leinwand mehrere dieser Lautsprecher aufgestellt.

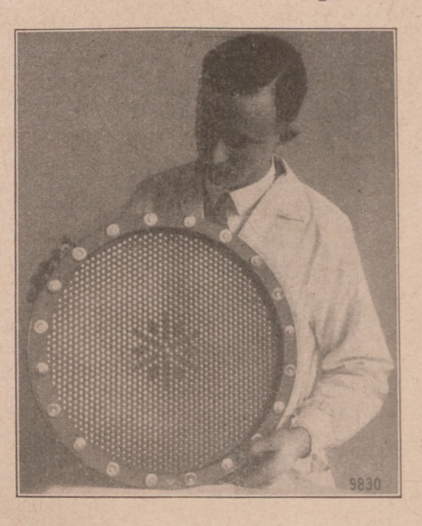


Abb. 42. Das neue, verbesserte Oszilloplan.

Bei den Wiedergabeapparaturen der „Klangfilm“ kommen die elektrodynamischen Lautsprecher von Siemens & Halske zur Verwendung, und zwar bis zu Leistungen von 10 Watt der Riffellautsprecher, bis zu 100 Watt der schmale Blatthaller und von 100 bis zu 200 Watt der Riesenblatthaller.

Der Riffellautsprecher besitzt eine gerade, starre Leitungsschiene, die an zwei Membranflügeln aufgehängt ist und von den Sprechströmen durchflossen wird. Der Leiter befindet sich in einem starken Magnetfeld und wird unter dem Einfluß der Sprechströme in Schwingungen versetzt,

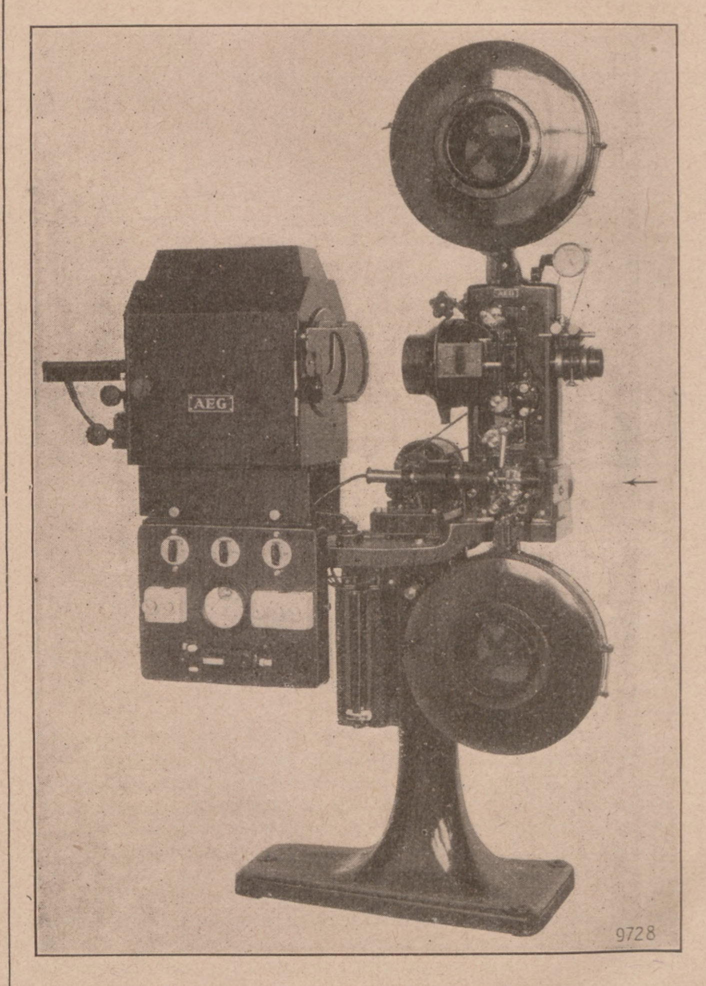


Abb. 43. Der „Klangfilm“-Projektor.
Der Film durchläuft von oben nach unten zuerst den Bild- und dann den Tonprojektor.

die sich auf die beiden Membranflügel übertragen und von dort abgestrahlt werden. Die Membranen bestehen aus Aluminiumfolie von 0,0025 mm Dicke, die zur Erhöhung der Steifigkeit mit einer Querriffelung versehen ist. Von ihr hat der Lautsprecher auch seinen Namen (Abb. 40).

Der Blatthaller, der schon mehrmals auf der Berliner Funkausstellung vorgeführt worden ist, besitzt als

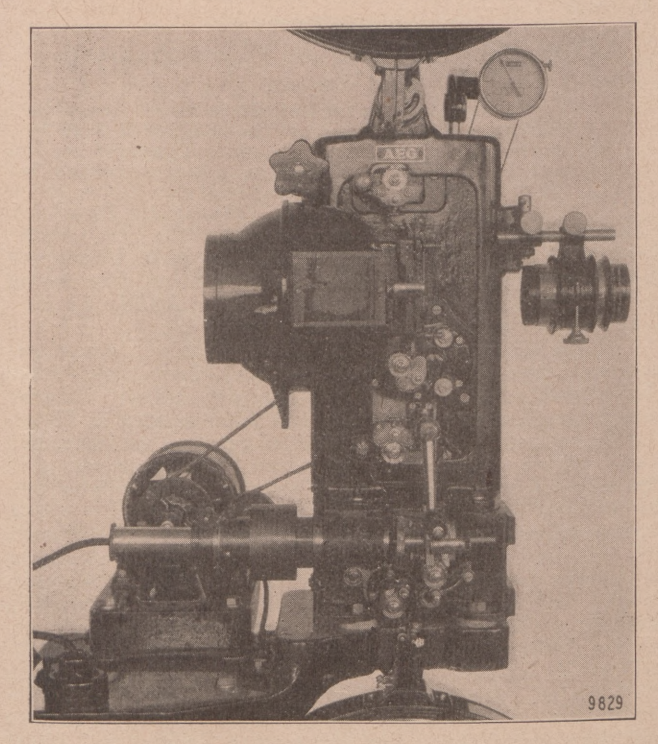


Abb. 44. „Klangfilm"-Projektor, Teilansicht. Die Mikroskop-Projektion mit dem Steckeranschluß für die Lampe ist deutlich erkennbar. Vorn an der Stirnwand wird der Photozellen-Verstärker angeschraubt.

Membran eine planparallel schwingende Platte, an deren Rückseite eine große Anzahl von starren Leitungsschienen befestigt sind, die sich in einem magnetischen Feld auf und ab bewegen können und so die Membran unter dem Einfluß der Steuerströme kolbenartig in Schwingungen versetzen. Die Membran selbst besteht aus dünnem Blech, das zur Erzielung genügender Festigkeit wellenförmig gebogen wurde (Abb. 41).

In einigen Fällen werden Lautsprecher mit großen Trichtern („Tonführungen") verwendet, wie sie wohl hinlänglich bekannt sind.

Über die besondere Eignung des elektrostatischen Lautsprechers, der von Vogt, Massolle und Engl schon vor etwa sechs Jahren verwendet und inzwischen von Hans Vogt durch Anwendung des Gegentaktprinzips noch außerordentlich verbessert werden konnte, ist schon in einer früheren Arbeit eingehend berichtet worden[2]). Schon dort wurde auf die große Bedeutung des „Oszilloplans" für den Tonfilm hingewiesen und auch klar ausgesprochen, daß die große Überlegenheit dieses Lautsprechers gegenüber dem noch gelegentlich der letzten Berliner Funkausstellung bei den Tri-Ergon-Vorführungen benutzten „Statophon" seine baldige Anwendung dringend nahelegt. Inzwischen ist es gelungen, den Durchmesser der Membran von 30 auf 40 cm zu vergrößern und damit noch günstigere Verhältnisse zu schaffen (Abb. 42).

Aufstellung der Lautsprecher.

Obschon das Ohr nicht immer imstande ist, einen Klang sicher auf den klingenden Gegenstand zu lokalisieren und man daraus folgern könnte, es genüge, wenn die Lautsprecher in ausreichender Entfernung und in mittlerer Höhe hinter der Leinwand aufgestellt würden, ergeben sich, wie die bisherigen Vorführungen bewiesen haben, u. U. doch beträchtliche Schwierigkeiten. Vor allem dann, wenn der klingende Gegenstand über die Bildebene bewegt wird. Dem bildlichen Bewegungsvorgang folgt dann nicht der akustische. Vulgär gesagt: das Bild (der sprechende Mensch etwa) läuft vom Tonfort. Dieser Fehler läßt sich bei der Aufnahme und auch bei der Wiedergabe vermeiden. Diese Fragen spielen aber schon ins Regietechnische hinüber, von dem hier nicht zu sprechen ist.

Bezüglich der Raumakustik, die im Filmtheater ja des stets vorhandenen Orchesters wegen meist schon einigermaßen günstig liegt, bleibt nur zu betonen, daß der Tonfilm in dieser Hinsicht besonders hohe Ansprüche stellt, die bei Neubauten unbedingt zu berücksichtigen sind.

Die Projektoren.

Es ist begreiflich, daß die Hersteller von Apparaten zur Projektion stummer Filme zunächst versucht haben, ihre Geräte durch Anbau von „Tonprojektoren" den neuen Bedürfnissen anzupassen. Diese Anpassung ist aber deshalb außerordentlich schwierig, weil nach verschiedenen grund-

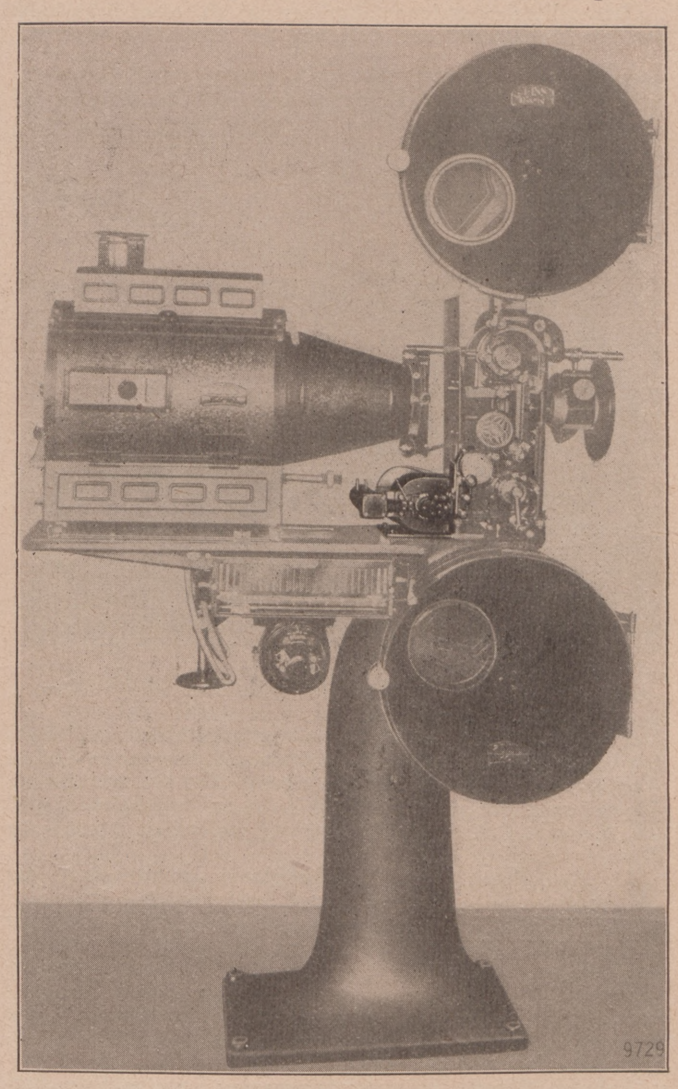


Abb. 45. Projektor der „Tobis". Das Tonfilm-Zusatzgerät ist stärker hervorgehoben.

sätzlich voneinander abweichenden Verfahren gearbeitet wird.

Der moderne Tonfilmprojektor muß also mindestens zur synchronen Wiedergabe von Nadel- und Lichttonfilmen eingerichtet sein. Wenn die demnächst zu erwartenden Vorführungen von großen Magnettonfilmen (Spielfilmen) beweisen, daß auch dieses System zu brauchbaren Ergebnissen führt, kommt die Einrichtung für diese Methode noch dazu.

Im vorhergehenden Heft ist schon gesagt worden, daß

[2]) Vgl. Eduard Rhein: „Lautsprecher 1928/29", „Funk-Bastler", Jahr 1928, Heft 47.

Bild und Ton mit einer räumlichen Verschiebung, und zwar mit einer Voreilung des Tones um 360 mm auf das gemeinsame Band kopiert werden. Bei der Wiedergabeapparatur muß also das Tonabnahmegerät unterhalb des Objektivs angebracht sein.

Um die Gleichförmigkeit des Ablaufs sicherzustellen, wird den meisten Projektoren noch eine zusätzliche Schwungscheibe angesetzt.

In Abb. 43 ist der Projektor der „Klangfilm G. m. b. H." wiedergegeben. Das Tonfilm-Zusatzgerät ist durch den Pfeil hervorgehoben. Man erkennt deutlich die durch einen Stecker angeschlossene Beleuchtungsvorrichtung mit der Mikroskop-Projektion. Der Film gleitet über eine zylindrische Bahn und wird dort mit dem feinen Lichtstreifen durchleuchtet. In der Gleitbahn befindet sich an dieser Stelle eine Öffnung, durch die die Helligkeitsschwankungen mittels einer Optik an die Photozelle weitergeleitet werden. Ganz oben rechts das Tachometer zur genauen Einstellung und Kontrolle der Durchlaufsgeschwindigkeit. (Vgl. auch Abb. 44.)

Unterhalb der Beleuchtungskammer ist eine Schalttafel zur Inbetriebsetzung und Regelung der Apparatur angebaut.

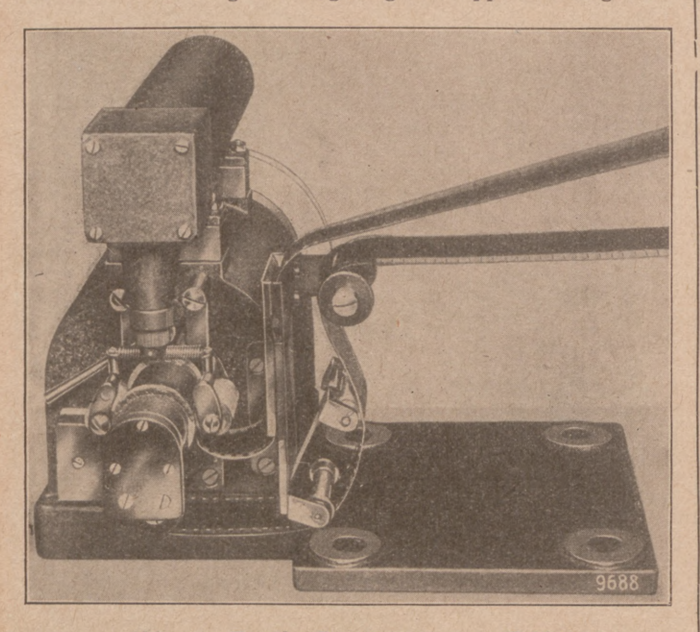


Abb. 46. Tonfilm-Zusatzgerät der „Tobis".

Der Vorverstärker für die Photozelle wird vorn am Projektor befestigt. Er besitzt drei widerstandsgekoppelte Stufen. Von dort geht eine Leitung zum eigentlichen Kraftverstärker, der je nach der erforderlichen Leistung verschieden groß ist. Heiz- und Anodenstrom werden von einem besonderen Maschinensatz geliefert.

Für den Betrieb von Nadeltonfilmen befinden sich auf der anderen Seite des Projektors zwei Plattenteller.

Abb. 45 zeigt ein Wiedergabegerät der „Tobis", und zwar den Zeiss-Ikon-Projektor (Ernemann II) mit dem angesetzten Tobis-Tonfilm-Zusatzgerät, das im Photo besonders hervorgehoben ist. Der Antriebsmotor hängt unterhalb der Bildbeleuchtungskammer. Die Führung des Filmstreifens ist aus Abb. 46 deutlich zu sehen; ebenso die winkelförmig angebrachte Mikroskop-Projektion.

Auf die näheren, äußerst interessanten konstruktiven Einzelheiten kann im Rahmen dieses Aufsatzes natürlich nicht eingegangen werden. Überdies sind die technischen Mittel noch in dauernder Verbesserung und Änderung begriffen.

*

Wie ja der Tonfilm überhaupt erst am Anfang einer Entwicklung steht. Noch behaupten alle Erfinder, nur ihr System sei das wahre. Überlassen wir es der Praxis, wer von ihnen recht behält. Sicher ist jedenfalls, daß heute mindestens Nadel-, Magnet- und Lichttonfilm als ernsthafte Anwärter auf den Tonfilm in Betracht zu ziehen sind.

Ob nicht bald schon irgendein viertes System auftaucht, ist nicht zu übersehen. Die Zahl der vorgeschlagenen Haupt- und Teillösungen geht in die Tausende, und es sind nicht immer phantastische oder praktisch unlösbare Pläne gewesen.

Oft genügen die Fortschritte der Technik auf einem vielleicht ferner liegenden Gebiet, um einem bis dahin aussichtslosen Verfahren den großen Erfolg zu sichern. Der Nadeltonfilm gibt das beste Beispiel dafür . . .

Akkumulatorenladung am Gleichstromnetz.

Eine Warnung!

Zu dem Aufsatz im Heft 32 Seite 504 des „Funk-Bastler", in dem übrigens die Abb. 2 und 3 zu vertauschen sind, geht uns folgende Zuschrift zu, die auf Gefahrmomente hinweist, deren Auftreten bei dieser Schaltung nicht immer leicht zu kontrollieren ist, so daß ganz besondere Vorsicht am Platze ist.

Die in dem Artikel „Akkumulatorenladung am Gleichstromnetz" empfohlene Schaltung enthält unter Umständen große Gefahrmöglichkeiten, so daß vor ihrer Anwendung in der angegebenen Form ohne genaue Prüfung der Leitungsverhältnisse zu warnen ist.

Der Verfasser setzt ein Gleichstromnetz mit einem geerdeten Leiter voraus, wie es z. B. bei einem sogenannten Dreileiternetz mit geerdetem Nulleiter der Fall ist. Es wird nun vorgeschlagen, den zu ladenden Akkumulator in die geerdete Leitung (ferner kurz Nulleiter genannt) zu legen, und zwar mittels eines Wechselschalters, der gestattet, den Nulleiter zu unterbrechen und dafür den Akkumulator einzuschalten. Was geschieht nun, wenn der Nulleiter einmal unterbrochen wird, ehe der Akkumulator angeschlossen ist, und was ja auch zum Ausprobieren der Schaltung im erwähnten Artikel empfohlen wird? Wenn jetzt, wie verlangt, ein oder zwei Glühlampen eingeschaltet werden, brennen diese zwar nicht, aber die Spannung des nicht geerdeten sogenannten Außenleiters kommt über die Glühfäden der Lampen auf den häufig unisoliert verlegten Nulleiterteil, der hinter dem geöffneten Wechselschalter liegt. Dieser Nulleiterteil hat in vielen Fällen Verbindung mit dem Metallmantel der elektrischen Leitung und dieser wieder mit mehr oder minder gut geerdeten Eisenteilen oder Rohrleitungen des Hauses. Wehe dem, der gerade zufällig eine solche Rohrleitung berührt, er erhält möglicherweise die volle Netzspannung durch den Körper.

Übrigens ist nach den Errichtungsvorschriften des V. D. E. der Einbau von Schaltern in den Nulleiter verboten.

Aber der Bastler kann auch mit seinem Akkumulator, den er gern laden möchte, eine böse Überraschung erleben. Nachdem er lange genug geladen hat und den Akkumulator auswechseln will, merkt er, daß der Akkumulator nicht nur leer, sondern auch verdorben ist. Dies kann folgendermaßen zugehen: Der Nulleiter habe nach dem Wechselschalter zufällig Verbindung mit geerdeten Eisenteilen oder Rohren des Hauses, dann ist der Akkumulator über diese Verbindung kurzgeschlossen, da ja der Nulleiter vor dem Schalter ebenfalls mit Erde verbunden ist. Solange nun durch die Lichtleitung kein Strom fließt, und das wird am größten Teil des Tages der Fall sein, entlädt sich bei angeschlossenem Akkumulator dieser über den Nebenkreis, und wenn dessen Widerstand klein genug ist, geht sogar während der Stromverbrauchsperiode nichts durch den Akku.

Kurz zusammengefaßt wäre zu sagen: 1. Akkumulatorenladung am Gleichstromdreileiternetz nach der angegebenen Schaltung sollte nur im Außenleiter erfolgen. 2. Blanke Teile des Akkumulators und der Ladeeinrichtung sind gegen Berührung wirksam zu schützen.

Hinzuzufügen wäre noch, daß Voltmeter in der Ladeleitung, wenn sie nicht die volle Betriebsspannung aushalten können, gegen Überlastung zu schützen sind. Denn beim Einschalten des Voltmeters zwischen die Ladeklemmen erhält es bei abgeschaltetem Akkumulator, oder auch, wenn dieser defekt ist, die volle Netzspannung. *R. Pottiez.*

*

Rahmenempfänger mit aperiodischer Hochfrequenzverstärkung.

In der Anleitung zum Bau dieses Empfängers von Eduard Rhein, Heft 29, sind auf Seite 455 bei der Beschreibung der linken Spule unter a) die Wörter „Primärwicklung" und „Sekundärwicklung" (aber nicht die Buchstaben AB bzw. CD!) miteinander zu vertauschen.

Die Wirkungsweise der Doppelgitterröhren-Eingangsschaltung

Von

Dipl.-Ing. L. Egyed.

Der Aufsatz behandelt Widersprüche, die in der Beurteilung der Doppelgitterröhren-Eingangsschaltung sowohl in der Literatur als auch in Bastlerkreisen aufgetreten sind. Zur Klärung dieser Widersprüche werden die in der Mischröhre stattfindenden Vorgänge meßtechnisch untersucht und auf Grund der Röhrenkennlinien eine Erklärung für den Gleichrichtungs- und Überlagerungsvorgang gegeben. Weiterhin werden störende Erscheinungen behandelt, die sich einerseits als knackende und pfeifende Geräusche, andererseits als verzerrende Rückkopplungen bemerkbar machen. Sie werden als Folgeerscheinungen der durch die inneren Röhrenkapazitäten vermittelten Kopplung des Rahmen- und des Oszillatorkreises erkannt und Mittel und Wege zu ihrer Vermeidung sowie zur folgerichtigen Dimensionierung der hierbei eine ausschlaggebende Rolle spielenden Rückkopplungsspule des Oszillator-Schwingungskreises angegeben.

Es kann wohl kaum in Zweifel gezogen werden, daß unter den zahlreichen Superhet-Eingangsschaltungen, die im Laufe der letzten Jahre bekanntgeworden sind, gerade die sogenannte Doppelgittermischröhrenschaltung zu den im Aufbau einfachsten gehört und besonders zu denen gerechnet werden muß, die fast immer „auf Anhieb gehen". In der Tat ist äußerst wenig erforderlich, diese Schaltung zum Arbeiten zu bringen. Zum Aufbau sind lediglich einige wenige leicht zu beschaffende Schaltelemente notwendig (siehe Abb. 1), deren Schaltung keinerlei Schwierigkeiten verursacht. Schließt man an die nach Abb. 1 aufgebaute und richtig geschaltete Eingangsschaltung einen einigermaßen guten Zwischenfrequenzverstärker an, so besitzt man bereits einen äußerst empfindlichen Empfänger, der sicher „geht".

Trotz dieser zweifelfreien Vorzüge sind die Meinungen über die Doppelgitterröhren-Eingangsschaltung geteilt. Man liest und hört einerseits über fabelhafte Erfolge, die mit dieser Schaltung erreicht worden sind, und hört, sie wäre äußerst stabil, klangrein und schwinge über den ganzen Bereich sicher. Von anderer Seite hingegen vernimmt man Klagen über Unstabilität, über Schwinglöcher, Verzerrungen und über Pfeif-, Heul- und Quietschneigung bei der Abstimmung. Eigenartigerweise haben in diesem Falle beide Parteien recht: Denn bei dieser Schaltung hängt der Erfolg in ganz besonderem Maße von der Dimensionierung der Einzelteile, besonders des Oszillatorkreises, und vom zweckmäßigen Zusammenbau ab. Auch bei genauester Einhaltung des theoretischen Schaltbildes (Abb. 1) wird der mit den einzelnen, verschieden aufgebauten Geräten erzielte Erfolg ganz verschieden sein. Schon jetzt kann gesagt werden, daß bei richtigem Aufbau und Dimensionierung besonders der Rückkopplungswicklung der Oszillatorspule die Doppelgitter-Eingangsschaltung in der in Abb. 1 dargestellten Form auch hohe Ansprüche befriedigt. Um aber die Mittel und Wege zu einem planmäßigen, auch theoretisch richtigen und zum erstrebten Erfolg führenden Aufbau zu finden, ist es, wie immer, unerläßlich, ein klares Bild über den Mechanismus der in der Doppelgitterröhren-Eingangsschaltung notwendigerweise vor sich gehenden Gleichrichtung der Empfangsschwingungen und ihrer gleichzeitigen Überlagerung mit den Oszillatorschwingungen, also der Bildung der Zwischenfrequenz, zu besitzen und sodann die Umstände, die diesen erwünschten Vorgang störend beeinflussen, zu vergegenwärtigen und schließlich auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse praktische Schlüsse zu ziehen.

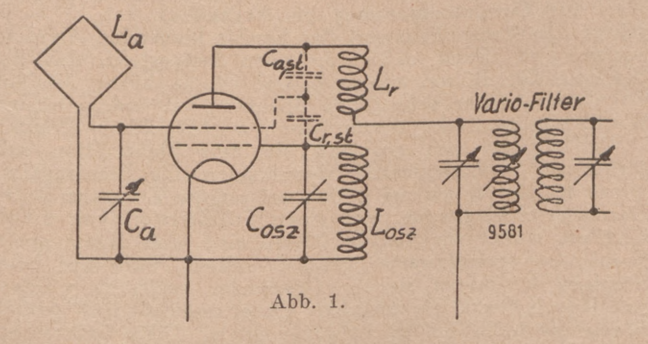


Abb. 1.

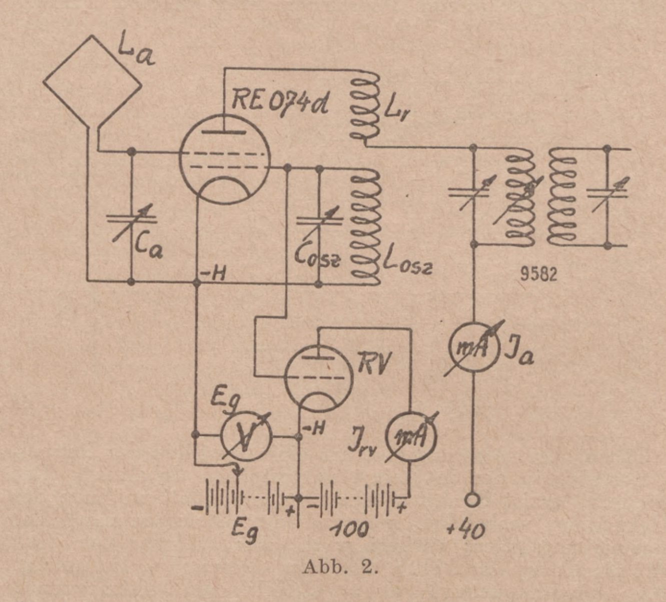


Abb. 2.

Die Grundlage jeder Theorie ist der Versuch, sind Messungen. Unsere Versuche werden an einem Überlagerungsempfänger ausgeführt, der die in der Abb. 1 gegebene Eingangsschaltung und einen aus einer Schirmgitterröhrenstufe bestehenden Zwischenfrequenzverstärker besitzt. Die Eingangsröhre ist eine RE 074 d, die bei unseren Messungen eine Anodenspannung von 40 Volt, die ihr über die Primärwicklung eines variablen Filters und über die Rückkopplungswicklung der Oszillatorspule zugeführt wird, erhält, während ihre Heizspannung 4,0 Volt beträgt.

Als erstes soll festgestellt werden, wie groß die Hochfrequenzspannungen sind, welche beim normalen Arbeiten der Doppelgitterröhre an dem Schwingungskreiskondensator C_{osz} wirksam sind und somit an das Raumladungsgitter der Röhre gelangen. Wir schalten zu diesem Zwecke in der in Abb. 2 angedeuteten, sonst völlig normalen Eingangsschaltung zwischen die Kathode und das Raumladungsgitter der Röhre ein Röhrenvoltmeter (Achtung: getrennte Batterien für das Röhrenvoltmeter!), und zwar in Kompensationsschaltung, d. h. wir stellen, während der Kreis L_{osz} C_{osz} zwar ans Röhrenvoltmeter angeschlossen, aber spannungslos ist, die Gittervorspannung E_g des Röhrenvoltmeters auf einen Wert E_{g0} so ein, daß der Anodenstrom I_{rv} eben verschwindet. Dann lassen wir im Oszillatorkreis der Doppelgitterröhre Schwingungen entstehen, so daß die zu messende Hochfrequenzspannung ans Gitter des Röhrenvoltmeters gelangt, wobei das Anodenstrominstrument einen gewissen Ausschlag zeigen wird. Wir erhöhen nun die negative Gittervorspannung E_g wieder, und zwar auf einen Wert E_g' (den wir wieder mit einem Gleichstromvoltmeter bestimmen), bis I_{rv} abermals verschwindet. Die Differenz der Spannungswerte $E_g' - E_{g0}$ ist der Wert der zu messenden, ans Gitter des Röhrenvoltmeters gelangten Hochfrequenzspannung, und zwar erhalten wir mit dieser Methode wohlgemerkt die Scheitelwerte der Spannung. Wir führen diese Messung für den

ganzen Rundfunkwellenbereich des Gerätes durch und erhalten die Kurve der Abb. 3, die über den ganzen Bereich ziemlich gleichmäßig verläuft. Wir erkennen aus ihr, daß der Scheitelwert der am Raumladungsgitter der Mischröhre wirksamen Oszillatorspannung im Mittel etwa 15 Volt beträgt.

Weiter halten wir fest, daß gleichzeitig im Anodenkreis der Doppelgitterröhre bei normal schwingendem Oszillatorkreis im Mittel ein Anodenstrom von $J_a = 1{,}4$ mA fließt, während der Anodenstrom der Röhre bei Aussetzen der Oszillatorschwingungen weniger als 0,1 mA beträgt, wie wir dies ohne weiteres an dem in den Anodenkreis der Doppelgitterröhre geschalteten Milliamperemeter ablesen können. Raumladungsgitter den Wert 0,5 mA/Volt und auch mehr erreicht. Die Verstärkungseigenschaften der Röhre werden also um so besser, je höher der augenblicklich am Raumladungsgitter wirksame Wert der Oszillatorwechselspannung ist. Erreicht diese Wechselspannung den Augenblickswert $e_r = 0$, so ist die Verstärkung der ankommenden Signale in der Röhre äußerst gering, und es tritt bereits bei geringen negativen Momentanwerten der Raumladungsgitterspannung eine vollkommene Sperrwirkung der Röhre ein, d. h. es kann überhaupt kein Anodenstrom fließen.

Auf Grund dieser Messungen und Überlegungen ist es uns möglich, die in der Röhre stattfindenden Vorgänge graphisch darzustellen, wobei es wesentlich ist, daß uns

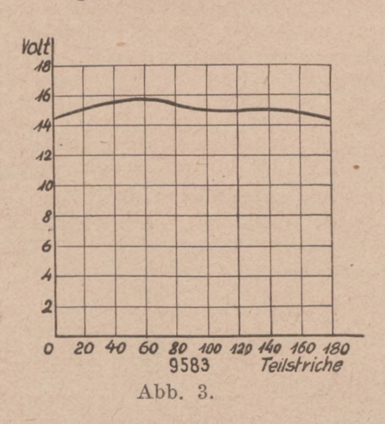


Abb. 3.

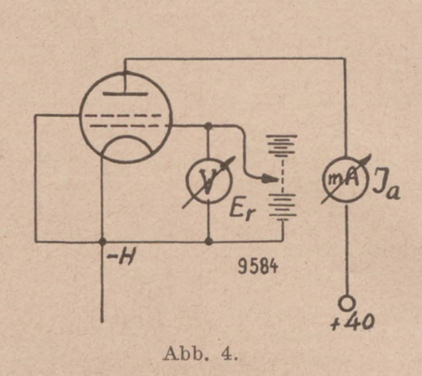


Abb. 4.

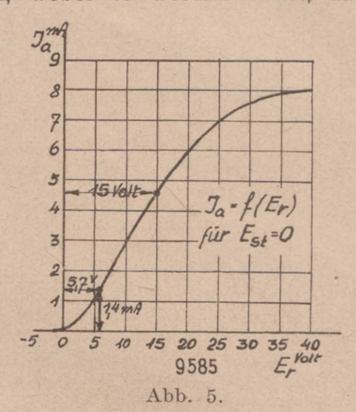


Abb. 5.

Die nächste Messung gibt uns eine Kennlinie der Doppelgitterröhre in der in Abb. 4 dargestellten Schaltung. Das Steuergitter ist hierbei direkt mit dem negativen Ende des Heizfadens verbunden, während die Gleichspannung des Raumladungsgitters variiert wird. Wir erhalten auf diese Art die Kurve der Abb. 5. Auch bei dieser Messung beträgt die Anodenspannung $E_a = 40$ Volt, die Heizspannung $E_h = 4{,}0$ Volt.

Aus der Kurve Abb. 5 ersehen wir, daß der Anodenruhestrom der Röhre RE 074 d bei der Raumladegitterspannung $E_r = 0$ nur $J_a = 0{,}09$ mA beträgt, was mit der ersten Messung übereinstimmt. Weiter sehen wir aus der Kurve, daß durch die früher festgestellten Raumladungsgitterspannungen vom durchschnittlichen Maximalwert $E_{r\,max} = 15$ Volt ein Anodenstrom vom Maximalwert $J_{a\,max} = 4{,}7$ mA zum Fließen gebracht werden muß. Da das Anodenstrominstrument als Drehspulgerät Mittelwerte des Stromes anzeigt, so müssen wir am Meßgerät, wenn an das Gitter eine Wechselspannung vom Scheitelwert $E_{r\,max} = 15$ Volt gelangt, einen mittleren Anodenstromwert von $J_{a\,mitte} = 1{,}4$ mA ablesen, was ebenfalls in Übereinstimmung mit unserer ersten Messung ist. Der Mittelwert eines sinusförmigen Wechselstromes vom Scheitelwert J_{max} über die ganze Periode ist nämlich:

$$J_{mittel} = \frac{1}{T} \int_0^T J_{max} \sin \omega t \, dt$$

$$= -\frac{1}{\omega T} J_{max} \cos \omega t \Big|_0^T = \frac{1}{\pi} J_{max}.$$

Dies wäre in unserem Falle: $J_{a\,mittel} = \frac{1}{\pi} J_{a\,max} = \frac{4{,}7}{\pi} = 1{,}49$ mA. Da jedoch, wie wir sehen werden, der Anodenstrom J_a keinen genau sinusförmigen Verlauf hat, beträgt dieser Mittelwert weniger, nämlich $J_{a\,mittel} = 1{,}4$ mA.

Schließlich benötigen wir, um den Gleichrichtungsvorgang in der Röhre überblicken zu können, noch eine Meßreihe, die wir erhalten, wenn wir einige Steuergitterspannungs-Anodenstrom-Kennlinien der Doppelgitterröhre bei konstanter Anodenspannung $E_a = 40$ Volt und konstanter Heizspannung $E_h = 4{,}0$ Volt, jedoch bei verschiedenen Raumladungsgitterspannungen, aufnehmen.

Wir können aus dieser Kurvenschar, welche in der Abb. 6 dargestellt ist, die wichtige Tatsache feststellen, daß, während die Steilheit der Röhre bei kleinen Raumladungsgitterspannungen sehr klein ist (weniger als 0,05 mA/Volt), diese beim Einwirken von größeren Spannungen auf das unsere Messungen erlauben, den graphischen Darstellungen tatsächlich vorhandene Größenverhältnisse zugrunde zu legen.

In Abb. 7 sehen wir links einen Teil der in Abb. 5 festgehaltenen Anodenstrom - Raumladungsgitterspannungs-Charakteristik $J_a = f\,(E_r)$. Unterhalb dieser Charakteristik tragen wir als Funktion der Zeit die Raumladungsgitterspannung $E_r = f\,(t)$ als Sinuslinie vom Scheitelwert $E_r = 15$ Volt und mit der Schwingungsdauer T_s auf. Mit Hilfe der Charakteristik $J_a = f\,(E_r)$ konstruieren wir den Verlauf des Anodenstromes der Röhre als Funktion der Zeit und erhalten so den Kurvenzug „a". Dieser Kurvenzug sieht einer halbweggleichgerichteten Sinuslinie ähnlich, ist aber verzerrt, da die Charakteristik $J_a = f\,(E_r)$ keine gerade Linie ist. Die Raumladungsgitterspannung, die mit der Oszillatorspannung identisch ist, und somit auch der Kurvenzug „a" hat also die Frequenz f_s.

Treffen nun auf das Steuergitter der Mischröhre Schwingungen von der Empfangsfrequenz f_e auf, so können sie nur dann den Anodenstrom der Röhre beeinflussen, wenn die Oszillatorspannung eben positiv ist, wenn also bereits ein Anodenstrom fließt. Und zwar werden die Empfangsschwingungen um so besser verstärkt, je größeren positiven Wert die Oszillatorspannung im Augenblick hat, d. h. je größer der Augenblickswert des bereits fließenden Anodenstromes ist. Denn es wurde oben festgestellt, daß die Steilheit der Röhre um so größer ist, je höher die ans Raumladungsgitter gelangende Spannung ist und je höhere Werte hierdurch der Anodenstrom augenblicklich erreicht.

Wir nehmen nun an, daß die aufs Steuergitter auftreffenden hochfrequenten Spannungen die Empfangsfrequenz f_e hätten, welche größer sei als die Frequenz f_s der Oszillatorschwingungen, und einen Scheitelwert von 5 Volt besäßen, wobei wir uns im klaren sind, daß derart große Empfangsspannungswerte äußerst selten, wohl nur beim Empfang besonders starker Ortssender auftreten werden, daß jedoch durch die Annahme dieser ungewöhnlich großen Werte die tatsächlichen Vorgänge in der Röhre keineswegs gefälscht, sondern nur für unsere Zwecke übersichtlicher gestaltet werden. Diese auf das Steuergitter wirkenden Spannungen tragen wir als Funktion der Zeit t in die Abb. 7 ein und erhalten den Kurvenzug „d" unserer Annahme gemäß als reine Sinuslinie. Multiplizieren wir die Augenblickswerte der Steuergitterspannung mit der infolge des Auftreffens der Oszillatorspannungen auf das Raumladungsgitter der Röhre jeweils vorhandenen Steilheit der Steuergitter-Anodenstrom-Charakteristik $J_a = f\,(E_{st})$, so erhalten wir den Kurvenzug „b", welcher die Komponente des Anodenstromes darstellt, die zu den Stromwerten des Kurvenzuges „a" infolge der Einwirkung der Steuergitterspannung

E_{st} hinzutritt. Eine Addition der beiden Kurvenzüge „a" und „b" liefert den Kurvenzug „c", der als der aus der Mischröhre austretende Gesamtanodenstrom angesehen werden muß, wenn auf die Röhren gleichzeitig die beiden Wechselspannungen E_r und E_{st} sowie die Anodengleichspannung E_a einwirken; dieser Strom ist es, aus welchem beim Durchgang durch den Eingangsfilterkreis des Zwischenfrequenzverstärkers die Grundwelle als Zwischenfrequenzwelle herausgesiebt wird.

Der Vorgang der Gleichrichtung der an den Empfänger gelangenden Empfangsschwingungen und ihrer Überlagerung mit den örtlich erzeugten Oszillatorschwingungen ist somit klar erkenntlich. Wir sehen, daß die Röhre ein Ventil darstellt, das sich unter dem Einfluß der aufs Raumladungsgitter wirkenden Oszillatorspannungen f_s-mal in der Sekunde schließt und öffnet (Kurvenzug „a"). Die an das Steuergitter gelangenden Empfangsspannungen von der Frequenz f_e (Kurvenzug „d") können nur dann eine Anodenstromänderung (Kurvenzug „b") zur Folge haben, wenn das „Ventil" „offen" ist, während in den stromlosen Zeiten die Steuergitterspannungen naturgemäß keinerlei Wirkung auf den durch negative Raumladungsgitterspannungen unterdrückten Anodenstrom haben können. Dieser Vorgang bedeutet nun, wie wir unschwer erkennen dürften, bereits eine sehr wirkungsvolle Gleichrichtung der Empfangswechselspannungen. In den Zeiten, in denen der Anodenstrom nicht abgeriegelt ist, haben die Empfangsspannungsamplituden um so größere Anodenstromänderungen zur Folge, je größer die bereits vorhandenen jeweiligen Anodenströme sind. Dies ergibt eine beachtenswerte Verstärkung in der Mischröhre. Da die Anodenstromänderungen (Kurvenzug „b") sich mit dem Kurvenzug „a" überlagern, erhalten wir in der Grundwelle des resultierenden Kurvenzuges „c" bereits die Zwischenfrequenzwelle von der Frequenz $f_z = f_e - f_s$, die im nachfolgenden Zwischenfrequenzverstärker weiter verstärkt wird. Auf Grund unserer Überlegungen vollzieht sich also auch der Überlagerungsvorgang sehr übersichtlich und wohl mit einem auch durch andere Schaltungen nicht überbotenen Wirkungsgrad.

Die Gleichrichtung der Empfangsschwingungen erfolgt also bei der hier behandelten Schaltung völlig automatisch. Wir können uns nun bei dieser Gelegenheit fragen, ob der

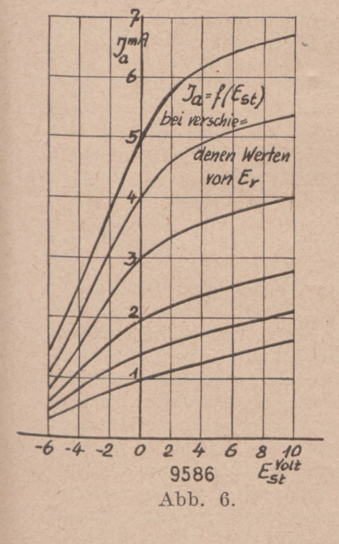


Abb. 6.

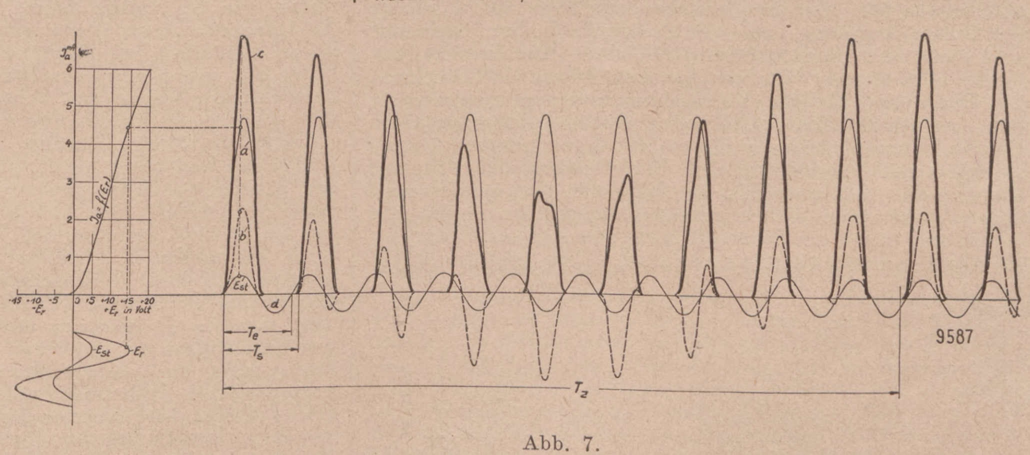


Abb. 7.

von verschiedenen Seiten gemachte Vorschlag, die Empfangsschwingungen schon vor der Mischröhre durch besondere Audiongleichrichtungselemente (Gitterblock und Ableitwiderstand) gleichzurichten, eine Berechtigung hat. Aus der Abb. 7 ist es klar ersichtlich, daß dies zwecklos ist und sogar den Verlust der Hälfte der Zwischenfrequenzamplitude zur Folge hat. Denn würden wir uns die untere Hälfte des Kurvenzuges „d" und somit auch die negativen Teile des Kurvenzuges „b" weggeschnitten denken, so würden wir nach erfolgter Addition von „a" und „b" einen neuen Kurvenzug ähnlich dem Kurvenzug „c" erhalten, der jedoch nur die halbe Schwebungsamplitude hätte.

Natürlich gelten die hier entwickelten Gedankengänge, sinngemäß übertragen, auch für die sogenannte Ultradyneschaltung, bei der eine normale Eingitterröhre als Mischröhre fungiert, deren Anode keine Gleichspannung, sondern nur eine hochfrequente Wechselspannung von der Überlagererfrequenz f_s erhält. Auch bei dieser Schaltung gilt, daß die Steilheit der Röhre um so größer wird, je höher der Augenblickswert der Anodenspannung ist, und daß die Röhre als Ventil zu Zeiten negativer Anodenspannung gesperrt ist. Die Überlagererspannungen müssen jedoch bei der Ultradyneschaltung wesentlich höher als bei der hier behandelten Doppelgittermischröhrenschaltung sein, damit die Röhre im Bereich ihrer größten Steilheit arbeiten und wirkungsvoll verstärken kann. Doch bereitet dies bei Verwendung einer genügend starken Oszillatorröhre und einer genügend hohen Anodenspannung für diese keine allzu großen Schwierigkeiten, ist aber meistens mit einer wesentlich erhöhten Anodenstromaufnahme verbunden, was allerdings unter Umständen sehr lästig sein kann. Im Gegensatz hierzu ist die Doppelgitterröhre als Mischröhre in ihrem Anodenstromverbrauch sehr sparsam, da sie ja keine besondere Oszillatorröhre benötigt und selbst, wie wir gemessen haben, einen Anodengleichstrom von nur 1 bis 2 mA verbraucht.

Die bisher skizzierten, nicht allzu unübersichtlichen Verhältnisse erfahren eine wesentliche Komplikation durch den Umstand, daß der Oszillator- und der Rahmenschwingungskreis keine elektrisch voneinander vollkommen getrennten Gebilde darstellen, sondern durch verschiedene Kopplungswege miteinander gekoppelt sind. Der Verfasser hat bereits in Heft 2, Jahr 1929 des „Funk-Bastler" dargelegt, welches diese Kopplungswege sein können, und auch Mittel, und zwar eine Brückenschaltung, angegeben, durch die, völlige metallische Abschirmung des Oszillatorkreises vorausgesetzt, diese Kopplungen vollkommen beseitigt werden können[1]). Auch wurde bereits in jenem Aufsatz erwähnt, daß unter Umständen auch ohne besondere Schaltelemente die diese unerwünschten Kopplungen hauptsächlich vermittelnden Röhrenkapazitäten lediglich durch zweckmäßige Dimensionierung der Rückkopplungswicklung der Oszillatorspule kompensiert werden können. Ist diese Art der „selbsttätigen Kompensation" ihrer Natur gemäß auch nicht so vollkommen wie eine exakte Neutralisation, so genügt sie immerhin in allen jenen Fällen, in denen keine kurzen Wellen, sondern nur solche über 200 m empfangen werden sollen. Die Betrachtung der bei dieser automatischen Kompensation eine Rolle spielenden Vorgänge wird uns nun in die Lage versetzen, die Widersprüche, auf die eingangs verwiesen wurde, aufzuklären.

Über den Mechanismus dieser Kopplungen und die Möglichkeit ihrer Kompensation sei auf den obenerwähnten Aufsatz verwiesen. Hier seien die Verhältnisse nur kurz an Hand der Abb. 1 wiederholt. Wie es aus dieser Abbildung ersichtlich ist, ist der Rahmenkreis L_a C_a einerseits durch

[1]) Während der Drucklegung des obenerwähnten Aufsatzes erschien im „Funk-Bastler" eine Arbeit von E. Jarasch: „Eine verbesserte Ultradyneschaltung", aus der hervorgeht, daß E. Jarasch das Prinzip der Kompensation der Rahmenkreisrückwirkung unabhängig von den Arbeiten des Verfassers bei der Lacaultschen Ultradyneschaltung schon früher zur Anwendung gebracht hat. Verfasser ist gern bereit, dies nachträglich festzustellen und bedauert sehr, daß ihm dies vor der Einsendung seines eben erwähnten Aufsatzes unbekannt war.



die Röhrenkapazität $C_{r\,st}$ zwischen den beiden Gittern der Röhre direkt, andererseits durch die Steuergitter-Anodenkapazität $C_{a\,st}$ über die mit der Oszillatorspule magnetisch für gewöhnlich sehr fest gekoppelte Rückkopplungsinduktivität L_r gekoppelt. Diese Kopplung hat zunächst zur Folge, daß, sobald die beiden Kreise in ihrer Abstimmung zur Übereinstimmung gebracht werden, die Oszillatorschwingungen infolge der Absorptionswirkung des auf fast dieselbe Wellenlänge abgestimmten Rahmenkreises plötzlich schwächer werden, sogar abreißen oder auch vielleicht ihre Frequenz ändern, was sich stets durch ein scharfes Knacken, eventuell auch durch Pfeifen und Heulen bemerkbar macht. Beim Verlassen der Übereinstimmung wiederholt sich dieser Vorgang in umgekehrter Reihenfolge und erzeugt auch jetzt dasselbe Knacken und Pfeifen. Zwischen den beiden Stellen liegt eine tote Zone, in der keinerlei Empfang möglich ist, und die Zone ist um so breiter, je fester die Kopplung der beiden Kreise ist. Aber noch ein Umstand, der ebenso wie die eben beschriebenen Absorptionserscheinungen jedem Superhetbastler wohlbekannt sein dürfte, ist als Folge dieser Kopplungen aufzufassen. Wir denken hierbei daran, daß bei fast jedem Superhet die eine von den beiden möglichen Überlagerungen einer Empfangsfrequenz stärkeren Empfang gibt als die andere. Und zwar ist diese Erscheinung, wie wir sehen werden, eine Folge von Rück- und Gegenkopplungen, welche der Anodenkreis der Mischröhre auf den Gitterkreis, also auf den Rahmenkreis selbst, ausübt.

Betrachten wir die Abb. 1. Wäre in ihr der Anodenkreis, der hier aus der Induktivität L_r besteht, auf irgendeine Weise ungefähr auf die Wellenlänge des Gitterkreises L_a C_a abgestimmt, so hätten wir eine Schaltung ähnlich der als Huth-Kühnschen Senderschaltung bekannten vor uns. Wir würden also über die Steuergitter-Anoden-Kapazität $C_{a\,st}$ eine Rückkopplung des Anodenkreises auf den Gitterkreis erzielen, die dämpfungsvermindernd wirken würde, wenn der Anodenkreis für die Frequenz des Gitterkreises induktiv wäre, d. h. wenn der Anodenkreis auf eine etwas höhere Frequenz als der Gitterkreis abgestimmt wäre, welche hingegen die Dämpfung des Gitterkreises erhöhen würde, wenn der Anodenkreis kapazitiv wäre, d. h. eine etwas tiefere Eigenfrequenz als der Gitterkreis besäße. In der Doppelgitterröhren-Eingangsschaltung ist die Anodenkreisinduktivität mit der Induktivität des Oszillators ziemlich fest gekoppelt. Da nun der Oszillatorkreis immer auf eine Frequenz abgestimmt ist, die entweder etwas unter oder etwas über der Empfangsfrequenz liegt, so ist infolge der festen Kopplung auch der Anodenkreis der Röhre auf eine von der Empfangsfrequenz etwas verschiedene Frequenz abgestimmt. Wie wir gesehen haben, ist hierdurch die Bedingung für das Vorhandensein einer in positivem bzw. negativem Sinne wirkenden Rückkopplung gegeben. Ebenso bewirkt auch die Kapazität $C_{r\,st}$ zwischen Raumladungs- und Steuergitter eine Beeinflussung des Rahmenkreises, die sich ebenfalls im Auftreten von positiv und negativ wirkenden Rückkopplungen bemerkbar macht, die jedoch den durch die Steuergitter-Anoden-Kapazität hervorgerufenen *entgegengesetzt* ist. Eine positive Rückkopplung bewirkt eine Entdämpfung des Rahmenkreises, die zwar die Empfangslautstärke steigert, jedoch, wie jede Entdämpfung, keineswegs zur Erhöhung der Güte der Wiedergabe beiträgt, da infolge der zu scharf gewordenen Resonanzkurve des Rahmenkreises die Seitenbänder der Empfangsfrequenz beschnitten werden. Eine negative Rückkopplung hingegen hat eine wesentliche Schwächung des Empfanges zur Folge. Hieraus ist die Verschiedenheit der Empfangslautstärken, je nachdem die untere oder obere Überlagerung benutzt wird, zwanglos zu erklären, aber auch, weshalb Überlagerungsgeräte, die diesen Unterschied in besonderem Maße zeigen, deutlich die äußersten Seitenbandfrequenzen bei der Wiedergabe vermissen lassen, obwohl sie keine gewollte Rahmenrückkopplung besitzen und auch der Zwischenfrequenzverstärker vom Schwingen noch weit entfernt ist.

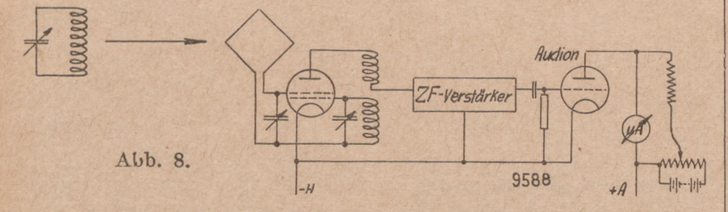


Abb. 8.

Gegen diese Erscheinung schafft auch die in dem obenerwähnten Aufsatz angegebene exakte Neutralisation der Röhrenkapazitäten Abhilfe. Denn, wenn die Wirkung der Röhrenkapazitäten duch eine zweckentsprechende Kompensationsschaltung aufgehoben ist, kann auch keinerlei Rückkopplung mehr über diese Kapazitäten stattfinden. Jedoch genügt für den Empfang der normalen Rundfunkwellen, wie schon gesagt, auch die bereits erwähnte selbsttätige Neutralisation mit Hilfe einer zweckmäßig dimensionierten Anodenkreisinduktivität, da die durch $C_{a\,st}$ vermittelte Rückkopplung der durch $C_{r\,st}$ vermittelten immer entgegengesetzt ist und es möglich sein muß, bei gegebenem Verhältnis von $C_{a\,st}$ zu $C_{r\,st}$ die gewollte Kompensation lediglich durch richtige Bemessung von L_r zu erreichen, wobei, um einen Vergleich mit der durch besondere Schaltelemente erzielten Kompensation zu ziehen, die Rückkopplungswicklung die besondere Neutralisationswicklung und die Steuergitter-Anoden-Kapazität das veränderliche Neutrodon ersetzt. Wir wollen nun untersuchen, auf welche Weise wir zu einer richtigen und zweckmäßigen Dimensionierung der Rückkopplungsspule gelangen können.

Zunächst ist es notwendig, die Kopplung zwischen dem Oszillatorkreis und der Rückkopplungsspule möglichst fest zu machen, da wir eine bei loserer Kopplung erforderliche allzu große Windungszahl für die Rückkopplungsspule vermeiden müssen. Dies schließt bereits aus, daß wir eine variable Rückkopplung, etwa mittels einer Schwenkspule, verwenden. Haben wir die Windungszahl der Oszillatorspule so bestimmt, daß wir mit dem gegebenen Drehkondensator den erforderlichen Wellenbereich bestreichen können, so bauen wir uns eine Reihe von Oszillatorspulen, bei denen die Oszillatorinduktivität immer dieselbe, die Rückkopplungswindungszahl jedoch jeweils verschieden ist. Haben wir z. B. als Windungszahl der Oszillatorspule 90 Windungen festgelegt, so geben wir den Rückkopplungsspulen jeweils 70, 80, 90, 100, 110 und 120 Windungen. Wir setzen nun in unser schon betriebsfertiges Gerät die Spulen der Reihe nach ein (es ist auch aus anderen Gründen zweckmäßig, sie steckbar zu gestalten), stellen das Gerät auf einen nicht zu starken Sender ein und stellen fest, bei Verwendung welcher Spule die obere Überlagerung gleiche Lautstärke wie die untere liefert. Bei dieser Spule sind auch die störenden Absorptionserscheinungen verschwunden oder haben zumindest ein Minimum erreicht. Dasselbe wiederholen wir mit den entsprechend vorbereiteten Spulen des Langwellenbereiches und haben auf diese Weise die ungefähr günstigsten Rückkopplungswindungszahlen gefunden.

Wenn wir Meßinstrumente und einen kleinen Versuchssender zur Verfügung haben, so können wir die Bestimmung der günstigsten Rückkopplungswindungszahl wesentlich genauer vornehmen. Die Abb. 8 zeigt, welche Schaltung hierfür am besten geeignet ist. Wir lassen den Prüfsender (z. B. ein einfaches Rückkopplungsaudion), dessen Schwingungsenergie durch Herabsetzen der Anodenspannung so weit geschwächt worden ist, daß mit Sicherheit keine Übersteuerung unseres Empfängers eintritt, auf den Rahmenkreis des Empfängers aus größerer Entfernung einwirken, schalten in den Anodenkreis des Zwischenfrequenzaudions ein kompensiertes Milliamperemeter ein und stellen den Ausschlag dieses Instrumentes bei den verschiedenen Oszillatorspulen sowohl bei der oberen als auch bei der unteren Überlagerung fest. Die Abb. 9 zeigt uns ein Kurvenpaar, das so aufgenommen wurde, und zwar bei einer Wellenlänge von $\lambda = 250$ m. Die beiden Kurven schneiden sich im Punkte a, und wir entnehmen hieraus, daß bei der gegebenen Doppelgitterröhre RE 074 d und bei der vorhandenen, sehr festen Kopplung zwischen der Oszillator- und der Rückkopplungsspule diese 97 Windungen erhalten muß, damit die gewünschte Kompensationswirkung erreicht wird. Wiederholen wir diese Messung bei verschiedenen Wellenlängen, so werden wir eine geringfügige Verschiebung des Punktes a feststellen können, und zwar tritt diese Verschiebung um so mehr in Erscheinung, je näher wir den Rahmen an unser Gerät stellen, d. h. je größer die Möglichkeit einer direkten magnetischen Kopplung zwischen dem Rahmen und der Oszillatorspule ist. Wenn wir durch geeignete Abschirmung für die Beseitigung dieser Einwirkung Sorge tra-

gen, so verschwindet diese Frequenzabhängigkeit vollkommen. Doch ist sie auch bei mangelnder Abschirmung so gering, daß sie keineswegs störend wirkt, sofern wir nur dafür sorgen, daß der Rahmen nicht allzu stark auf die Oszillatorspule einwirkt.

Nun sind wir auch in der Lage, die Widersprüche, auf die eingangs hingewiesen worden ist, aufzuklären. Denn wir können uns wohl denken, daß mancher Bastler, der sich die hier behandelte Doppelgitterröhren-Eingangsschaltung gebaut hat, für die Rückkopplungsspule des Oszillatorkreises schon rein gefühlsmäßig die richtige oder zumindest angenähert richtige Windungszahl gewählt hat, und es ist sicher, daß er dann weder über Absorptionserscheinungen noch über Verzerrungen zu klagen hat und mit seinem Gerät sehr zufrieden sein wird. Weitaus die größere Zahl jedoch wird der Rückkopplungsspule eine zu kleine Windungszahl gegeben haben, entweder rein zufällig, oder von der Überlegung ausgehend, daß für die Rückkopplungsspule diejenige Windungszahl genügt, bei welcher die Oszillatorschwingungen auf dem ganzen Wellenbereich eben mit Sicherheit einsetzen. Insbesondere, wenn die Rückkopplungsspule auf Grund des letztgenannten Gesichtspunktes entworfen worden ist, werden sich die eingangs erwähnten äußerst unangenehmen und störenden Erscheinungen bemerkbar machen und Grund zur Unzufriedenheit vorhanden sein. Bei Befolgung der neuen Dimensionierungsgrundsätze hingegen werden diese störenden Erscheinungen beseitigt sein, und die Doppelgitterröhren-Eingangsschaltung wird zu dem

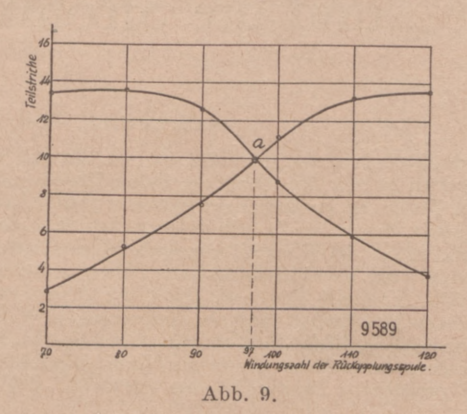


Abb. 9.

werden, was sie im Grunde immer schon war: die einfachste und dabei auch empfindlichste, klangreinste und anspruchsloseste Superhet-Eingangsschaltung.

Die Signallampe am Netzanschlußgerät

Die Besitzer von Wechselstrom-Netzanschlußgeräten wissen, daß der Gleichrichter im Leerlaufzustand (ohne angeschalteten Spannungsunterteiler und Empfänger) ziemlich hohe Spannungsspitzen haben kann, die gefährlich sein können. Die Gleichrichterröhren haben meist zu wenig Eigenleuchtkraft, um etwa dadurch in einem erhellten Raum den Betriebszustand anzuzeigen. Aus Sicherheitsgründen dürfte es daher zweckmäßig sein, wenn eine kleine, wenig Strom verbrauchende Signallampe am Gleichrichtergerät angebracht wird.

Der konstruktive Aufbau läßt zu, die Signallampe in der Nähe der die Gleichspannung führenden Klemmen anzubringen. Eine kleine Taschenlampenbirne, die mit grünem oder besser rotem Spirituslack gefärbt wird, benötigt wenig Platz. Man kann auch eine solche hinter einer mit farbigem Glas verdeckten Bohrung von 1 bis 2 cm Durchmesser anbringen. Die Stromversorgung macht bei Gleichrichtern, die eine Glühkathode besitzen (der Gleichrichtertransformator also eine Heizwicklung für die Gleichrichterröhre hat), keine Schwierigkeiten, da die Lampe zum Heizfaden der Gleichrichterröhre parallel geschaltet wird. Den geringen zusätzlichen Strom können die Heizwicklungen der meisten handelsüblichen Transformatoren für Wechselstromgleichrichter unbeschadet noch liefern (z. B. die reichlich dimensionierten Körting-Gleichrichtertransformatoren).

Besitzt das vorhandene Gerät keine Heizwicklung, z. B. in dem Falle, wenn Glimm-Gleichrichter verwendet werden,

Anordnung der Signallampenheizwicklung auf dem Gleichrichtertransformator.

dann lassen sich bestimmt noch einige Windungen für die Signallampenheizung auf dem Eisenkern unterbringen; die richtige Windungszahl wird — wenn man die Wicklungsdaten des Transformators nicht genau kennt — durch Ausprobieren festgestellt. Man wickelt zuerst etwa 4 bis 6 Windungen aus mindestens 0,6 mm starkem Draht (lackisoliert, damit die Auflage möglichst wenig Platz benötigt) auf, läßt ein längeres Drahtende für etwa notwendiges Weiterwickeln übrig und schließt die Taschenlampe an. Brennt sie nicht hell genug, dann wird so lange noch Windung für Windung zugewickelt, bis die Lampe normal leuchtet.

Es ist nicht durchaus notwendig, daß diese Heizwindungen für die Signallampe auf dem die Hochspannungswicklung tragenden Spulenkörper untergebracht werden, sondern sie können behelfsmäßig auch auf freien Eisenschenkeln des Eisenkernes aufgewickelt werden, wie es die Abbildung zeigt.

Besitzt der Gleichrichtertransformator auch eine zweite Heizwicklung (wie dies bei den meisten handelsüblichen Gleichrichtertransformatoren, z. B. bei verschiedenen Typen von Körting, der Fall ist) zur Empfängerröhrenheizung, so kann man natürlich auch diese zur Signallampenspeisung verwenden. Die Lampe wird direkt an die Wicklungsenden bzw. an die Heizstromsteckbuchsen am Gleichrichtergerät angeschlossen, damit stets bei (an das Starkstromnetz) angeschaltetem Netzanschluß-Gleichrichtergerät die Lampe aufleuchtet und dadurch den Betriebszustand anzeigt. *— Reppisch —*

*

Funkversuchsanlagen von Behörden und Schulen.

Die Deutsche Reichspost weist durch ihr Amtsblatt Nr. 63 darauf hin, daß die ermäßigte Gebühr für Versuchssendeanlagen zu Unterrichts- und Übungszwecken bei Behörden und Schulen nur dann eintritt, wenn mit der Anlage praktisch eine Fernwirkung nicht erzielt wird. Sie ist daher auch für solche Versuchssendeanlagen bei Behörden und Schulen anzuwenden, die zwar, wie es bei Versuchsmodellen häufig der Fall ist, einen kleinen Zimmerluftleiter haben, bei denen aber praktisch eine Fernwirkung nicht eintritt. Jedoch sind Apparate und Einrichtungen bei Behörden und Schulen, die nach ihrer Art und Anwendung unter den gesetzlichen Begriff einer Funkanlage fallen (FAG. § 1), genehmigungspflichtig. Sie sind gebührenfrei, wenn mit ihnen praktisch eine Fernwirkung nicht erzielt werden kann und wenn sie nicht als dauernde Anlagen betriebsfertig aufgestellt sind, sondern nur gelegentlich zur Vorführung als Lehrmittel im Unterricht benutzt werden.

Der Kurzwellensender stört die Deutsche Welle. Bei Vorversuchen des deutschen Kurzwellen-Rundfunksenders in Königswusterhausen haben sich Störungen mit dem Deutschlandsender ergeben. Durch Leitungsverlegung am Kurzwellensender hofft man, alle auftretenden Schwierigkeiten zu beseitigen.



Die Messung gemischter Ströme und die Stromverhältnisse beim Gleichrichter

Von

Dr. W. Burstyn.

Außerordentl. Prof. an der Technischen Hochschule Berlin.

Nach Erscheinen des Aufsatzes von Dr. Kautter über „Wechselstrom im Gleichstromkreise" (Heft 6, S. 89) ging uns ein Schreiben zu mit der Anregung, dieses Thema von einem erfahrenen Fachmann noch näher behandeln zu lassen, da für diese Fragen in Bastlerkreisen Interesse bestehe, anderseits aber auch eingehendere Lehrbücher meist keine Auskunft gäben. Folgende Fragen werden oft aufgeworfen: Was versteht man unter Spannung und Stromstärke bei pulsierendem Gleichstrom, wie er im Wechselstromgleichrichter erhalten wird? Welcher Unterschied ist dabei zwischen Strömen, die durch Einweg- bzw. durch Vollweggleichrichtung erhalten werden? — Nebenbei: Wo bleibt bei Einweggleichrichtern der unterdrückte Wechsel? Bzw. wie sieht im Primärkreis des Transformators die Stromkurve aus; tritt also tatsächlich ein 50prozentiger Verlust ein? — Wie reagieren Meßinstrumente auf diese Ströme? Drehspul-, Weicheisen und Hitzdrahtinstrumente? Viele Bastler, die Gleichrichter irgendwelcher Form betreiben, wären sicher sehr dankbar für eine eingehendere Darstellung dieser Probleme möglichst ohne Anwendung von Differential- und Integralrechnung, besonders vom praktischen Standpunkt aus betrachtet. Auf unsere Bitte nimmt nun Prof. Dr. Burstyn zu diesen Fragen Stellung.

Um diese Fragen zu klären, sei zunächst auf die verschiedenen Arten der Messung elektrischer Ströme näher eingegangen.

Fast jede Wirkung des elektrischen Stromes läßt sich zu Meßzwecken verwerten, z. B. elektrostatische und elektromagnetische Anziehung, Elektrolyse und Elektrowärme. Doch seien hier nur die gebräuchlichsten Instrumente betrachtet, nämlich Drehspul-, Weicheisen- und thermische Meßgeräte; zu letzteren gehören sowohl jene, bei denen die Ausdehnung eines Hitzdrahtes den Zeiger bewegt als auch die thermo-elektrischen, bei denen ein Widerstand ein Thermoelement anheizt, dessen Gleichstrom einem Drehspulgerät zugeführt wird.

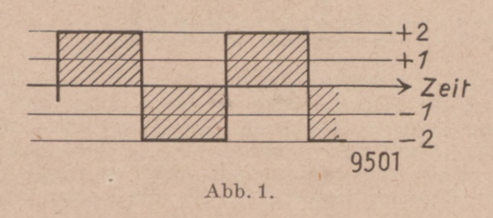


Abb. 1.

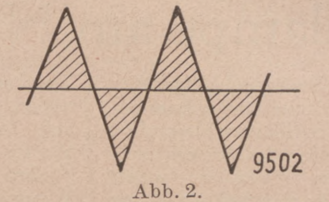


Abb. 2.

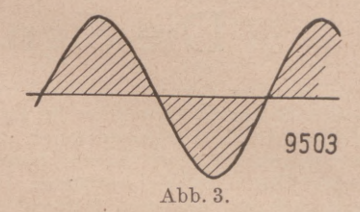


Abb. 3.

Abb. 4.

Beim Drehspulinstrument lenkt ein konstanter Stahlmagnet eine vom Strom durchflossene Spule ab. Die erhaltene Kraft ist bei Gleichstrom der Stromstärke proportional. Da auch die Gegenkraft einer Spiralfeder proportional dem Ausschlage wächst, ist die Skala von Null angefangen fast gleichmäßig. Beim Umkehren der Stromrichtung schlägt der Zeiger verkehrt aus; will man also ohne Umschalten beide Stromrichtungen sofort ablesen können, so muß man den Nullpunkt in die Mitte der Skala verlegen.

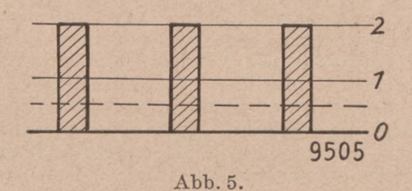


Abb. 5.

Schickt man durch ein solches Instrument einen Gleichstrom von z. B. 2 A, der nach Abb. 1 in regelmäßigen Zeitabständen seine Richtung wechselt, so wird der Zeiger abwechselnd nach rechts und links auf 2 A ausschlagen, wenn der Wechsel sehr langsam, etwa alle 5 Sekunden, stattfindet und der Zeiger zu folgen imstande ist. Geschieht der Richtungswechsel aber fünfmal in der Sekunde, so wird der Zeiger höchstens zittern, bei noch schnellerem Wechsel unbeweglich auf Null stehen. Der Mittelwert der Stromstärke, der sogenannte lineare oder algebraische Mittelwert, ist hier Null, d. h. die schraffierten Flächen oberhalb und unterhalb der Nullinie sind gleich. Dasselbe ist bei den Stromformen nach den Abb. 2 und 3 (letztere stellt reinen sinusförmigen Wechselstrom dar) der Fall. Auf solche symmetrische Stromkurven spricht also ein Drehspulinstrument nicht an, auch nicht auf unsymmetrische, wenn ihr linearer Mittelwert Null beträgt, wie nach Abb. 4. Ebenso leicht ist einzusehen, daß der Zeiger in den Fällen der Abb. 5, 6 und 7 sich auf den durch eine punktierte Linie angedeuteten Mittelwert einstellen wird.

Diesen linearen Mittelwert eines Stromes bezeichnet man auch als seinen Gehalt an Gleichstrom oder als seine Gleichstromkomponente. Jeder periodisch schwingende Strom läßt sich in seine Gleichstromkomponente und einen reinen Wechselstrom zerlegen, d. h. einen solchen, der (Abb. 1 bis 4) keine Gleichstromkomponente besitzt. Ein Drehspulgerät ist also imstande, die Gleichstromkomponente eines Stromes ohne Rücksicht auf den übergelagerten Wechselstrom zu messen.

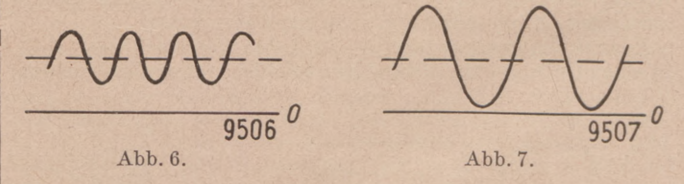


Abb. 6. Abb. 7.

Die Abscheidung einer Verkupferungszelle ist der durchgegangenen Strommenge (dem Produkt aus Stromstärke und Zeit) proportional. Bei Stromumkehr tritt Wiederauflösung ein. Die Geschwindigkeit der Abscheidung z. B. bei einem Strom nach Abb. 6 erfolgt daher gemäß dem linearen Strommittel.

Es gibt noch andere Mittelwerte, z. B. würde ein Drehspulinstrument in Verbindung mit vier idealen (verlustfreien) Gleichrichtern in der Graetzschen Schaltung nach Abb. 8 immer nach der gleichen Richtung ausschlagen und, wie leicht einzusehen ist, bei den Strömen der Abb. 5, 6 und 7 ebensoviel angeben wie ohne Gleichrichter. Hingegen würde es bei den Strömen nach den Abb. 1 und 2 nicht auf Null, sondern auf 2 und 1,5 A weisen, nach Abb. 4 auf 1,5 A.

Wichtiger ist der sogenannte quadratische Mittelwert oder Effektivwert des Stromes, den die thermischen Instrumente anzeigen. Der Wärmeeffekt, nämlich die Wärme, die ein Strom in einem konstanten Widerstande entwickelt, ist dem Quadrate des Stromes proportional und von der Stromrichtung unabhängig. Das Quadrieren wirkt sozusagen wie eine Gleichrichtung. Daher wird ein solches mit Gleichstrom geeichtes Meßgerät genau dasselbe angeben wie jenes nach Abb. 8, wenn die Stromstärke sehr langsam schwankt, nur bei der Stromform nach Abb. 1 auch im Falle schneller Schwankungen. Immer wird die Anzeige dem Mittel der entwickelten Wärme entsprechen, und dieses finden wir, wenn wir jeden Augenblick das Quadrat der Stromstärke bilden und von der so erhaltenen Kurve den Mittelwert bestimmen; die Wurzel aus diesem Mittelwerte gibt die Stärke des Gleichstromes an, der denselben Ausschlag verursacht und der auch — das gibt dem Effektiv-

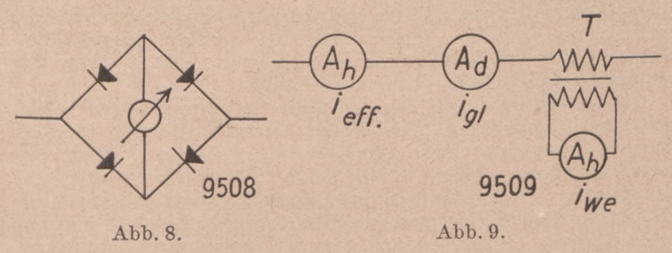


Abb. 8. Abb. 9.

werte seine Bedeutung — in einem von ihm durchflossenen Widerstande dieselbe Wärme entwickelt wie der schwankende Strom.

Für einige der gezeichneten Stromformen wollen wir den quadratischen Mittelwert angeben. Für Abb. 1 beträgt er 2 A, da Stromwerte unter- und oberhalb der Nullinie gleich zählen. In Abb. 3 hat er bekanntlich (die Berechnung erfordert höhere Mathematik) den 0,7fachen Wert der Amplitude. Für Abb. 4 beträgt das Quadrat der positiven Stromwerte 9, das der negativen 1, der Mittelwert davon (da letzterer Wert die dreifache Dauer hat) $\frac{9+3\times 1}{4}=3$, die Wurzel davon 1,73 A. In Abb. 5 beträgt das Quadrat des

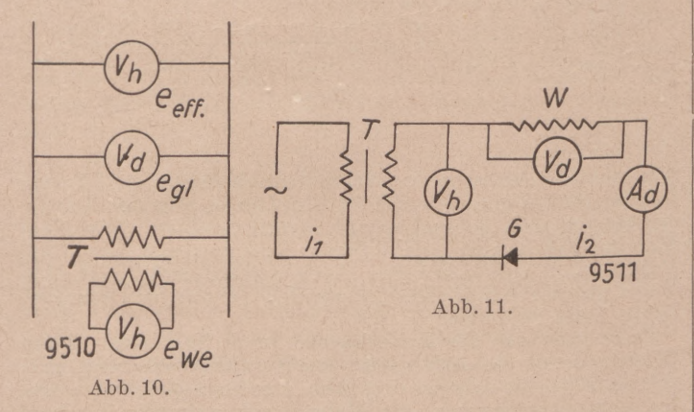


Abb. 10. Abb. 11.

Stromwertes 4, dauert aber nur ein Viertel der gesamten Zeit; der Mittelwert ist daher 1, die Wurzel davon 1 A. Der quadratische Mittelwert des Wellenstromes von Abb. 7 ist gleich dem 1,23fachen des darin enthaltenen Gleichstromes oder das 0,615fache der Amplitude.

Am meisten gebräuchlich sind die Weicheiseninstrumente. Sie beruhen auf der Bewegung eines Eisenstückchens im Magnetfelde einer vom Strom durchflossenen Spule. Solange das Eisen ungesättigt ist, entwickeln sie eine Richtkraft, die angenähert dem Quadrate des Stromes entspricht, bei stärkerer Sättigung stimmt das nicht mehr. Auch die Remanenz bildet eine Fehlerquelle. Für hohe Frequenzen sind sie überhaupt nicht zu gebrauchen. Insoweit ihre Skala für Gleich- und Wechselstrom dieselbe ist, geben sie wie Hitzdrahtinstrumente den Effektivwert des Stromes an.

Sendet man einen Strom, etwa den nach Abb. 6, hintereinander durch ein Drehspul- und ein Hitzdrahtinstrument, so zeigt, wie oben erwähnt, das erste den Gleichstromanteil, das zweite den Effektivwert des Stromes an. Letzterer ist immer größer. Die Differenz ist aber nicht etwa der Effektivwert des Wechselstromgehaltes, sondern immer kleiner als dieser. Bezeichnet man mit i_{eff} den Effektivwert eines periodisch schwankenden Stromes, mit i_{we} den Effektivwert seines Wechselstromgehaltes, mit i_{gl} seinen Gleichstromgehalt, so ist also

$$i_{eff} \geqq i_{gl}, \qquad i_{eff} \geqq i_{we}, \qquad i_{eff} < i_{gl} + i_{we}.$$

Ewe
Cgl
0
9512

Abb. 12.

Wenn, wie nach Abb. 6 und 7, der enthaltene Wechselstrom sinusförmig ist, läßt sich i_{we} aus i_{eff} und i_{gl} berechnen, und zwar ist dann[1])

$$i_{we} = \sqrt{i_{eff}^2 - i_{gl}^2}.$$

Überhaupt kann man den Wechselstromgehalt eines gemischten Stromes nach Messung seines Effektivwertes und Gleichstromgehaltes berechnen, wenn die Stromform mathematisch ausdrückbar ist. Anderenfalls kann man ihn in bekannter Weise durch Transformation heraussieben und messen. In Abb. 9 ist dargestellt, wie die drei Stromwerte getrennt erhalten und gemessen werden können, wobei A_d ein Drehspul-, A_h ein Hitzdrahtamperemeter und T einen Transformator 1 : 1 bedeutet.

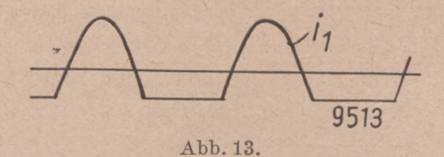


Abb. 13.

Was bisher von Strömen gesagt wurde, gilt entsprechend auch von Spannungen. Die drei Meßgrößen e_{eff}, e_{gl} und e_{we} sind durch die Schaltung nach Abb. 10 getrennt zu erhalten.

Nach Klärung dieser Dinge ist es leichter, die Verhältnisse beim Ein- und Zweiweggleichrichter zu verstehen. Betrachten wir zunächst ersteren. Wir wollen dabei annehmen, daß das verwendete Ventil G ideal arbeite, also den Strom in einer Richtung verlustlos durchläßt, in der anderen Richtung völlig absperrt. Die Schaltung entspricht der Abb. 11. Wenn der Verbrauchswiderstand W selbstinduktionsfrei ist, wird in ihm ein Strom fließen, der gemäß Abb. 12 aus den einseitigen Halbwellen jenes Wechselstromes besteht, der bei Kurzschluß des Ventils vorhanden wäre. Die am Drehspulvoltmeter V_d abzulesende Gleichspannung e_{gl} beträgt 0,45 von der an den Klemmen des Transformators liegenden, am Hitzdrahtvoltmeter V_h ablesbaren reinen Wechselspannung E_w. Die Werte E_{we} und e_{gl} sind in Abb. 12 als punktierte Linien eingezeichnet. Der Wechsel-

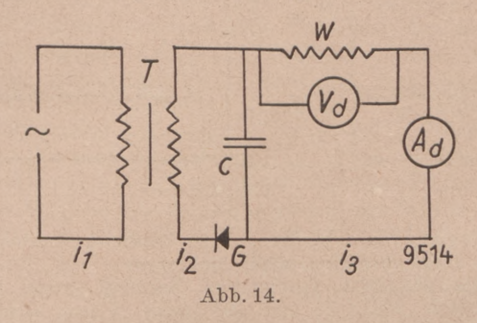


Abb. 14.

stromgehalt des sekundären Stromes i_2 tritt im Primärkreise als reiner Wechselstrom i_1 gleicher Größe und Form (Abb. 13) auf; er überlagert sich dem vom Transformator verlangten Magnetisierungswechselstrom, der ja auch ohne sekundären Stromverbrauch fließen muß.

1) Die ausführliche Begründung siehe „Funk-Bastler", Jahr 1929, Heft 6, S. 89.

Zur Speisung von Funkempfängern wird nach Abb. 14 dem Verbrauchswiderstande ein Kondensator C großer Kapazität parallel gelegt, um den Gleichstrom zu „glätten", d. h. seinen Wechselstromgehalt zu beseitigen. Wie groß der Kondensator sein muß, hängt von der Größe des Verbrauchswiderstandes ab. Maßgebend ist die Zeitkonstante dieser Kombiniation, d. h. die Zeit, die erforderlich ist, damit der auf irgendeine Spannung geladene Kondensator sich durch den Widerstand auf ein Drittel seiner Anfangsspannung entlädt; sie errechnet sich in Sekunden als Produkt der Kapazität (in Farad) und des Widerstandes (in Ohm) und muß ein Vielfaches der Periode betragen, um den gewünschten Zweck zu erreichen. Ist die Zeitkonstante sehr groß, so fließt durch W Gleichstrom, und es tritt der paradoxe Fall ein, daß einem Transformator Wechselstrom zugeführt und Gleichstrom entnommen wird. An W herrscht jetzt wirklich eine Gleichspannung, aber nicht etwa von der Größe e_g der Abb. 12, sondern fast von der vollen Amplitude der zugeführten Wechselspannung. Jedoch ist die Spannung am Transformator primär und sekundär auch hier wieder rein sinusförmig. Der vom Ventil durchgelassene Strom i_2 besteht nur aus Spitzen eines halben Wechselstromes (Abb. 15), die den Kondensator stoßweise nachladen, während er als Speicher an W einen Gleichstrom vom selben linearen Mittelwert i_3 abgibt. Der Primärstrom i_1 entspricht dem Wechselstromgehalte von i_2 und sieht ähnlich aus wie Abb. 13. Wir erkennen also, daß durch einen solchen Gleichrichter dem Netz ein verzerrter Wechselstrom entnommen wird. Der Zähler zeigt einen Effektivwert an, der merkbar höher ist als der des entnommenen Gleichstromes. Das bedeutet aber keine Ungerechtigkeit. Im Gegenteil wäre es den Elektrizitätswerken recht unangenehm, wenn ihr gesamter Strom in dieser Weise entnommen würde.

Besitzt der Gleichrichter ein Doppelventil (Vollweggleichrichter), so wird die Zahl der Wellen in den Abb. 12, 13 und 15 doppelt so groß, der Gleichstrom ist bei gleicher Größe des Kondensators C glatter und der primäre Wechselstrom etwas weniger verzerrt.

Abb. 15.

Die wirklichen Gleichrichter sind nicht „ideal", die Ventile stellen einen noch dazu mit der augenblicklichen Stromstärke wechselnden Widerstand dar, manche lassen auch etwas Strom verkehrter Richtung durch. Das Wesen der Vorgänge wird dadurch nicht geändert.

Völlig anders liegen die Verhältnisse aber bei den selten verwendeten elektrisch geheizten Thermobatterien, die man nur im weiteren Sinne des Wortes als Gleichrichter bezeichnen kann. Hier findet keine Rückwirkung des entnommenen Gleichstromes auf den zugeführten Wechselstrom statt, und der primäre Strombedarf ist daher von der sekundären Stromentnahme unabhängig. Der Nutzeffekt solcher Thermoumformer dürfte sich in der Größenordnung von 1 v. H. bewegen und ist weit niedriger als der der Ventilgleichrichter.

Die aufgehängte Rahmenantenne.

Einfach, dreh- und auswechselbar.

Im „Funk-Bastler" Heft 9, Seite 137, wurde eine Rahmenantenne für Rundfunk- und Langwellen beschrieben, zu der ich mir nachstehend erläuterte Vorrichtung geschaffen habe, wodurch sich ohne Mühe die Rahmenantenne leicht auf- und abhängen läßt.

Zur Aufnahme des Rahmens werden in die Zimmerdecke Rundkopfholzschrauben 70 × 3,5 mm geschraubt, die für

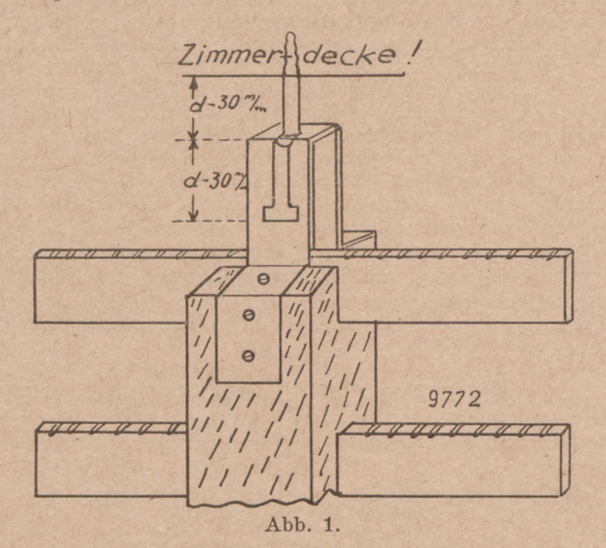


Abb. 1.

immer eingeschraubt bleiben. Zum besseren Aussehen kann man die Holzschrauben weiß lackieren.

Für die genannte Anordnung benötigt man: 1 Stück Messingblech 180 × 15 mm (0,8 oder 1 mm stark), eine Holzschraube 70 × 3,5 mm für die Zimmerdecke und 6 kleine Holzschrauben (Rundkopf) zum Befestigen des Bügels an den Rahmen.

Wie aus Abb. 1 ersichtlich ist, besteht die ganze Vorrichtung aus einem einzigen Messingbügel. Hat man das Blech zugeschnitten, so bohrt man sechs Löcher für die Befestigungsschrauben des Bügels. Dann wird der Schlitz vorgezeichnet und durch Bohren, Sägen oder Ausfeilen bearbeitet. (Vgl. Abb. 2.) Der Längsschlitz muß die Breite

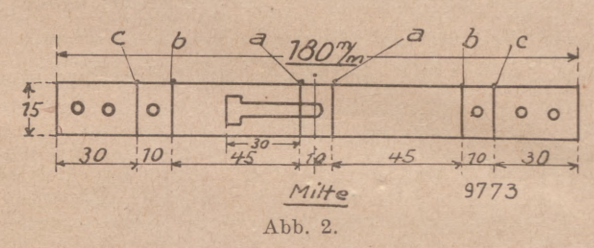


Abb. 2.

wie der Durchmesser des Schraubenschaftes, also 3,5 mm, haben, der kleine Querschlitz die Länge wie der Durchmesser von dem Schraubenkopf (7 mm) besitzen. Nun biegt man das Blech nach Abb. 3 (zuvor muß man sich jedoch die Punkte a, b und c auf das Blech aufzeichnen), paßt den Bügel durch Nachdrücken gut auf den Rahmen und schraubt beide Teile zusammen.

Jetzt paßt man die Holzschraube durch Nachfeilen in den Schlitz, damit sie sich später leicht seitlich ein- und ausführen läßt. Die Längen d in Abb. 1 müssen gleich sein und bei dem Einschrauben der Holzschrauben in die Zimmerdecke berücksichtigt werden.

Abb. 3.

Beim Aufhängen wird die Rahmenantenne bis an die Ecke gebracht, der Bügel durch den Schlitz seitlich in die Schraube geführt und die Antenne wieder nach unten gelassen. Jetzt hängt sie fest, bildet kein Hindernis im Zimmer und kann nach allen Seiten spielend leicht gedreht werden.

Verantwortl. Hauptschriftleiter: Lothar Band, Berlin. — Verantwortlich für den technischen Teil: Reg.-Rat Dr. P. Gehne, Berlin-Lankwitz. — Druck: Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68. — Sendungen an die Schriftleitung nur nach Berlin SW 68, Zimmerstraße 94, Fernruf: A 4 Zentrum 3056. — Verlag: Weidmannsche Buchhandlung, Berlin SW 68, Zimmerstraße 94. Postscheckkonto: Berlin 883 78. Sonderkonto „Funk".